

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Exposição Dérmica de Trabalhadores a  
Resíduos de Pesticidas Presentes nas  
Plantas, na Reentrada na Lavoura de  
Algodão Após Pulverização**

**MAURÍCIO ROTUNDO**

Tese apresentada à Faculdade de  
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha  
Solteira, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP  
Fevereiro/2011

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Exposição Dérmica de Trabalhadores a Resíduos de  
Pesticidas Presentes nas Plantas, na Reentrada na  
Lavoura de Algodão Após Pulverização

**MAURÍCIO ROTUNDO**

Engenheiro Agrônomo MSc

**Orientador:** Prof. Dr. Geraldo Papa

Tese apresentada à Faculdade de  
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha  
Solteira, para obtenção do título de Doutor  
em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP  
Fevereiro/2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

R851e Rotundo, Maurício.  
Exposição dérmica de trabalhadores a resíduos de pesticidas presentes nas plantas, na reentrada na lavoura de algodão após pulverização / Maurício Rotundo. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2011  
110 f. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistema de Produção, 2011

Orientador: Geraldo Papa  
Inclui bibliografia

1. Amostrador de pragas. 2. Inseticidas. 3. Exposição ocupacional.  
4. Intervalo de reentrada. 5. Algodão.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Exposição dérmica de trabalhadores a resíduos de pesticidas presentes nas plantas, na reentrada na lavoura de algodão após pulverização

**AUTOR:** MAURICIO ROTUNDO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. GERALDO PAPA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



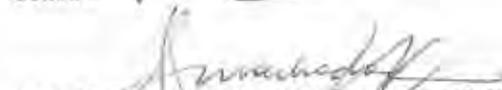
Prof. Dr. GERALDO PAPA  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



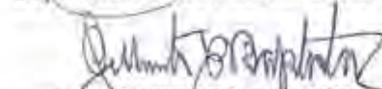
Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Profa. Dra. MARINEIDE ROSA VIEIRA  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. JOAQUIM GONÇALVES MACHADO NETO  
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. GILBERTO CASADEI BAPTISTA  
Departamento de Entomologia e Acarologia / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP

Data da realização: 25 de fevereiro de 2011.

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais...

**Maria e Antônio (*in memoriam*)**

Que me ensinaram respeito, honestidade, dignidade e humildade.

O que sou de melhor devo a eles.

## **O F E R E Ç O**

**A todos os amigos e professores da Unesp de Ilha Solteira**

**Dedico**

## Agradecimentos

A Deus, pela vida e pelas oportunidades de estudo e trabalho.

Agradecimento especial ao professor e orientador DR. GERARDO PAPA, que me brindou com a oportunidade da concretização deste trabalho e a oportunidade de não só crescer como profissional, mas também como todo mestre, orientar-me para a vida. Seus conselhos jamais serão esquecidos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 04/12505-0, pelo fomento financeiro ao projeto.

A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

A EMBRAPA/USP, na época pela figura do pesquisador DR. Luiz R.P. Trevizan pela amizade e realização das análises de resíduos dos pesticidas.

Aos meus colegas que em 10 anos me acompanharam de forma ímpar na universidade e no laboratório de entomologia: ROBSON B. DA SILVA, Fernando de Almeida, Gernison J. Tomaszewski, Fernando T. Nakayama, Fernando Vanni Cecoto, Neden Ricardo Mota, William Tataro, Eduardo Perceiro Pinto, Norberto Aparecido da Cruz, Gasimere Eunisto Presotto e Diego L. Duvaroch e muitos outros aqui não citados.

Aos irmãos de república: CID, Gernison, Aguiar, João Flávio, Thiago, Leandro, Gustavo, Bruno, Anderson e Wanderberg pela paciência e amizade durante muitos anos, os quais enriqueceram minha vida de maneiras incomuns. A JUIZANA pelo companheirismo e amizade nos últimos anos de JUA SOLTEIRA.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha história em JUA SOLTEIRA, e neste momento imensamente não foram lembradas, porém jamais esquecidas.

MINHA GRATIDÃO

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Eng. Agr. Maurício Rotundo concluiu o ensino médio em dezembro de 1997 em Colégio Público Estadual da cidade de Jales/SP. Em Fevereiro de 1998, iniciou o curso de Engenharia Agronomia na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, até então denominada FEIS/UNESP. Durante a vida acadêmica foi estagiário do Laboratório de Entomologia sempre orientado pelo Professor Dr. Geraldo Papa entre 11/1998 a 09/2008. Durante a graduação foi bolsista por vários anos da Fepisa (Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira). Atuou intensamente na vida acadêmica onde fez parte do Centro Acadêmico da Agronomia e de vários órgãos colegiados do campus. Foi Bolsista FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) durante o Curso de Mestrado em Sistemas de Produção iniciado em 2005 e finalizado em Fevereiro de 2007. Durante o Doutorado devido a boa classificação no processo seletivo obteve Bolsa de demanda da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Publicou dezenas de trabalhos científicos e artigos de interesse público, proferiu palestras e participou de inúmeros eventos em todo o país e também fora dele. Foi intercambiário do programa IASTE no Equador em 2007, onde realizou estágio agrícola. Em 2008 foi selecionado para compor um IGE para Taiwan (Intercâmbio de Grupo de Estudos) promovido pela Fundação Rotária e Rotary Internacional. Ainda em 2008 ingressa como Assistente Agropecuário na Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, lotado na Coordenadoria de Defesa Agropecuária, onde no início de 2009 assume a Chefia da Inspeção de Defesa Agropecuária de Santa Fé do Sul, onde permanece até o momento atual, trabalhando nos programas de Defesa Agropecuária de peculiar interesse do Estado de São Paulo, entre eles o programa Agrotóxicos e Afins.

**“A avaliação da exposição de pesticidas em campo é complexa e desafiadora. Exposições podem ocorrer através de rotas múltiplas e com alta variabilidade.... O treinamento em campo e a avaliação da exposição são necessários para aumentar a capacidade técnica e científica de trabalhadores, pesquisadores e responsáveis pela saúde pública, afim de avaliar e controlar a exposição a pesticidas.”**

**(FENSKE)**

# EXPOSIÇÃO DÉRMICA DE TRABALHADORES A RESÍDUOS DE PESTICIDAS PRESENTES NAS PLANTAS, NA REENTRADA NA LAVOURA DE ALGODÃO APÓS PULVERIZAÇÃO.

Autor: MAURÍCIO ROTUNDO  
Orientador: Prof. Dr. GERALDO PAPA

## RESUMO

Nas últimas décadas a consciência ecológica despertou a atenção de governos e da sociedade para o problema dos resíduos dos pesticidas nos alimentos e no ambiente, onde os amostradores de pragas agrícolas se enquadram dentro de um grupo de risco. A exposição dérmica de amostradores foi avaliada na reentrada em lavoura de algodoeiro após pulverização de três inseticidas. Aos 3 minutos após a aplicação quatro equipes vestiram um conjunto de vestimentas amostradoras (calça, camisa e luvas), entrando e permanecendo nas áreas tratadas por 30 minutos, simulando uma amostragem de pragas. O procedimento foi repetido aos 60 e 300 minutos e aos 1, 3, e 7 dias após a aplicação. As vestimentas amostradoras contaminadas após as exposições foram seccionadas em campo em 6 regiões distintas mais as luvas, embaladas e levadas ao Laboratório. Os inseticidas foram extraídos das vestimentas amostradoras com acetato de etila e a determinação quantitativa foi realizada por meio de cromatografia gasosa. As exposições dérmicas foram extrapoladas para uma jornada de trabalho de oito horas. Para classificar a segurança das condições de trabalho foram estimadas a margem de segurança (MS) e o tempo de trabalho seguro (TTS). O conjunto correspondente aos antebraços/braços/mãos concentrou 35% dos resíduos presentes nas vestimentas amostradoras. Partes correspondentes ao tronco (frente), coxas, pernas e tronco (atrás) alcançaram 19; 19; 10 e 16% dos resíduos, respectivamente. Constatou-se que o intervalo de reentrada estabelecido para os inseticidas comerciais Thiodan 350 CE (endossulfan) e Tamaron 600 BR (metamidofós) estão subestimados, enquanto que para o Marshal 200 SC (carbosulfan) o mesmo está superestimado, em relação aos intervalos de reentrada estabelecidos na legislação em vigor.

**PALAVRAS-CHAVES:** Amostrador de pragas. Inseticidas. Exposição ocupacional. Intervalo de reentrada. *Gossypium hirsutum*

# DERMAL EXPOSURE OF WORKERS AT RESIDUES OF PESTICIDES IN TREATED PLANTS, IN THE REENTRY COTTON CROP AFTER SPRAYING.

Author: MAURÍCIO ROTUNDO

Adviser: Prof. Dr. GERALDO PAPA

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the dermal exposure of workers to residues of the pesticides, applied in cotton crop. After 3 minutes of application four people dressed a group with cotton clothes (pants, shirt and gloves), entered and stayed in the treated area by 30 minutes, simulating a sampling. The procedure was repeated after 60 and 300 minutes and 1, 3, and 7 days after application. The clothes were cut and put in plastic bags, and stored cold at  $-18^{\circ}\text{C}$  until analyses was performed. The analytical method consisted on the extraction of pesticides residues with ethyl acetate and the quantitative determination was done by gas chromatography. Exposure was extrapolated to a work day of 8 hours. To evaluate safety conditions at work was estimated the Working Condition Unsafe (margin of safety – MOS  $<1$ ) and the estimate of Safe Work Duration (SWD). The corresponding group for the forearms/arms/hands concentrated 35% of present residues in the clothes. The residues found on the clothes, trunk, lame, legs and trunk-back, were 19, 19, 10, and 16%, respectively. Results of carbosulfan amounts trapped on cotton clothes showed that 24h as a reentry interval is overestimated. For methamidophos and endosulfan a reentry interval is underestimated.

**KEYWORDS:** Scout pests. Insecticides. Occupational exposure. Reentry interval. *Gossypium hirsutum*

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>Página</b>
1. Locais de posição dos <i>pads</i> no corpo do trabalhador.....	45
2. Esquemas de seccionagem do método do corpo total.....	47
3. Área delimitada por estacas utilizada em um dos tratamentos.....	58
4. Amostradores vestidos com as vestimentas amostradoras (a) e amostrador de pragas simulando amostragem (b).....	59
5. Esquema da reentrada dos amostradores na área pulverizada.....	60
6. Equipe de amostradores vestindo as vestimentas amostradoras e pessoal de apoio.....	61
7. Parte da equipe de amostradores e pessoal de apoio aguardando pulverização.....	61
8. Esquema dos locais da roupa que foram seccionadas e analisadas: 1-Tronco/frente; 2-Tronco/atrás; 3-Coxas Frente/atrás + glúteos; 4-Pernas Frente/atrás; 5-Luvas; 6-Antebraços Frente/atrás; 7-Braços Frente/atrás.....	62
9. Curvas de regressão potencial da exposição dérmica (mg/dia) de metamidofós, endosulfan e carbosulfan no corpo do trabalhador, referente a exposição dérmica em cada época de reentrada (em horas) na lavoura de algodoeiro após pulverização.....	72
10. Porcentagem média da exposição dérmica projetada a resíduos de pesticidas presentes nas plantas de algodão que deslocam para a roupa do amostrador de acordo com partes do corpo, em cada época de reentrada na lavoura após pulverização.....	77

## LISTA DE TABELAS

## Página

1. Áreas de superfícies das regiões de um corpo humano adulto e locais onde os <i>pads</i> devem ser colocados para mensurar a exposição dérmica.....	44
2. Tratamentos, doses utilizadas no ensaio de campo e intervalo de reentrada estabelecido em bula.....	58
3. Propriedades toxicológicas dos pesticidas para ratos.....	67
4. Porcentagem (%) de recuperação dos resíduos dos pesticidas em amostras de tecido de algodão cru (fibra vegetal) fortificadas. Piracicaba/SP, 2007.....	69
5. Resíduos de pesticidas ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) referentes a exposições dérmicas (30 minutos) (média 4 repetições) em partes da roupa de algodão cru correspondentes a diferentes partes do corpo humano, em cada época de reentrada na lavoura de algodão. Selvíria/MS, 2007.....	74
6. Porcentagem média da exposição dérmica em diversas partes do corpo em cada tratamento. Média geral dos tratamentos e porcentagem da área que cada parte representa no corpo humano. Selvíria/MS, 2007.....	76
7. Quantidade de resíduos ( $\text{mg}/\text{partes do corpo humano}/\text{dia}$ ) dos pesticidas em diferentes partes da roupa de algodão cru, em cada época amostrada, com estimativa dos dados para uma jornada de 8 h de trabalho.....	79
8. Margem de Segurança (FS = 10) e tempo de trabalho seguro do amostrador de pragas na cultura do algodão.....	80
9. Margem de Segurança (MS) e tempo de trabalho seguro (TTS) do amostrador de pragas na cultura do algodão, com fator de segurança = 100.....	82
10. Condição de segurança utilizando a MS (fator = 10 e = 100) para o amostrador de pragas na cultura do algodão. Selvíria/MS, 2007.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ARTF	Agricultural Reentry Task Force
BPL	Boas Práticas de Laboratório
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
EASE	Estimation and Assessment of Substance Exposure
ECB	European Chemicals Bureau
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
EUROPOEM	European Predictive Operator Exposure Model
FAO	Food and Agricultural Organization
FS	Fator de Segurança
i.a	Ingrediente ativo
IPCS	International Programme on Chemical Safety
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
kg	Quilograma
mg	Miligrama
µg	Micrograma
LOQ	Limit of Quantification
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NAS	National Academy of Science
NIH	National Institute of Health
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health

NOAEL	No Observable Adverse Effect Level
NOEL	No Observable Effect Level
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UNITAR	United Nations Institute for Training and Research
WHO	World Health Organization
WPS	Worker Protection Standard

<b>SUMÁRIO</b>	<b>Página</b>
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. Pesticidas: Histórico.....	18
2.2. Avaliação do Risco Ocupacional.....	20
2.3. Resíduos Deslocáveis.....	23
2.4. Exposição Dérmica e Resíduo Deslocável.....	25
2.5. Exposição Dérmica e Reentrada.....	28
2.6. Intoxicação por Pesticidas na Cultura do Algodoeiro.....	31
2.7. Inseticidas Organofosforados.....	32
2.7.1. Metamidofós.....	33
2.8. Inseticidas Carbamatos.....	34
2.8.1. Carbosulfan.....	34
2.9. Inseticidas Organoclorados/Ciclodienos.....	35
2.9.1. Endosulfan.....	35
2.10. Avaliação da Exposição Ocupacional.....	36
2.10.1. Dosimetria Passiva.....	40
2.10.2. Exposição Dérmica.....	40
2.10.2.1. Método do Uso de Absorventes ( <i>Patch Method</i> ).....	43
2.10.2.2. Método do Corpo Total ( <i>Whole Body Method</i> ).....	45
2.10.2.3. Exposição das Mãos.....	47
2.10.3. Tempo de Duração da Amostragem.....	48
2.10.4. Cálculos de Segurança do Trabalho com Pesticidas.....	48
2.10.4.1. Margem de Segurança.....	50
2.10.4.2. Tempo de Trabalho Seguro.....	51
2.11. Avaliação da Exposição Após a Aplicação de Pesticidas.....	52

3. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.1. Ensaio de Campo.....	57
3.1.1. Avaliação da Exposição na Reentrada da Área Pulverizada.....	59
3.2. Análise dos Resíduos em Laboratório.....	63
3.2.1. Método de Análise dos Pesticidas em Tecido Confeccionados com Fibra Vegetal.....	63
3.2.1.1. Preparação das Soluções Padrão.....	63
3.2.1.2. Validação do Método Analítico.....	64
3.2.1.3. Procedimento Analítico.....	64
3.2.1.4. Aparelhos e Equipamentos.....	64
3.2.1.5. Solventes e Reagentes.....	65
3.2.1.6. Vidrarias e outros Materiais.....	65
3.2.1.7. Marcha Analítica.....	66
3.3. Cálculos de Segurança.....	67
3.3.1. Cálculo da Margem de Segurança.....	67
3.3.2. Cálculo do Tempo de Trabalho Seguro.....	68
3.4. Limite de Quantificação e Porcentagens de Recuperação dos Pesticidas em Tecidos Confeccionados com Fibra Vegetal.....	69
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1. Resíduos dos Pesticidas nas Vestimentas Amostradoras.....	70
4.1.1. Exposição do Amostrador nas Regiões do Corpo.....	75
4.2. Avaliação do Risco Ocupacional do Amostrador de Pragas.....	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
6. CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	88
GLOSSÁRIO.....	106



## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea mantém contato íntimo com milhares de substâncias químicas artificiais diariamente; elas estão presentes nos alimentos, nas casas, nos veículos e outros afins da vida moderna, expondo-se dessa forma a riscos de intoxicações ou contaminação. Graças à química moderna, os ovos não grudam na frigideira e os agricultores têm ferramentas para produzir cada vez mais, em uma mesma área a custos menores. Entretanto é necessário avaliar cada vez melhor o risco de exposições provocadas pela química moderna, para que o conforto propiciado por ela sempre possa ter um custo social e ambiental favorável ao homem.

De acordo com Bevenue (1976) a contaminação do homem por pesticidas pode ocorrer de duas maneiras: através da exposição ocupacional, no manuseio dos pesticidas desde a sua fabricação até a sua aplicação, e pela exposição ambiental. Nesse contexto, se insere a toxicologia ocupacional, área da toxicologia que trata do estudo de ações e efeitos danosos de substâncias químicas usadas no ambiente de trabalho sobre o organismo humano, buscando principalmente obter informações que permitam estabelecer critérios seguros de exposição por meio de índices de segurança a serem observados no ambiente de trabalho (DELL ROSA et al., 2003). Van-Hemmem (2004) afirma que a exposição a substâncias químicas é um aspecto integrante da vida, por consumo, estilo de vida e virtualmente qualquer outra atividade humana da sociedade contemporânea.

Segundo Kotaka (2005) a avaliação da exposição dos trabalhadores aos pesticidas constitui parte integral da avaliação do risco toxicológico, e tem sido realizada com maior frequência em países desenvolvidos. A avaliação da exposição pode ser realizada por modelos matemáticos, mas sempre estará mais próxima da

realidade quando estiver baseada na coleta de dados e na quantificação dos resíduos encontrados.

O uso de pesticidas na agricultura é intensivo, multiquímico e várias publicações têm apontado as intoxicações por pesticidas como um grave problema de saúde, especialmente entre trabalhadores rurais. Contudo, são escassos os estudos brasileiros de base populacional sobre as características do uso ocupacional ou sobre as intoxicações por pesticidas (FARIA et al., 2004).

A exposição ocupacional aos pesticidas na lavoura pode ocorrer durante a mistura, carga, aplicação ou reentrada na cultura aplicada, que é quando o trabalhador retorna à lavoura tratada, para atividade de colheita ou de inspeção; o contato que ocorre será com os resíduos do produto aplicado (SPEAR, 1991, citado por TREVISAN, 2002a). Segundo Faria et al. (2000) devido à alta proporção de agricultores com uso frequente de pesticidas reforça-se a necessidade de pesquisas que aprofundem metodologias para avaliar com maior precisão a exposição e os riscos associados a estes produtos.

O algodoeiro atrai, alimenta e reproduz permanentemente um complexo significativo de pragas, podendo ocasionar sérios prejuízos à produção. Estas pragas apresentam elevada capacidade reprodutiva e ampla dispersão, infestam rapidamente as lavouras ocasionando danos significativos. Para tomada de medidas de controle adequadas é preciso identificar e conhecer periodicamente a dinâmica do crescimento populacional das pragas. Este diagnóstico só é possível de ser realizado através das amostragens de campo (SANTOS, 2007). Trabalhos sobre avaliação das exposições dérmica e respiratória e do risco de intoxicação com pesticidas na cultura do algodoeiro são raros na bibliografia internacional especializada e principalmente no país (MACHADO NETO, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a exposição dérmica do trabalhador rural em diversas partes do corpo na reentrada em lavoura de algodoeiro após pulverização dos inseticidas metamidofós, carbosulfan e endosulfan simulando a transferência dos resíduos presentes nas plantas para a roupa e pele do amostrador de pragas, comparando os resultados com o intervalo de reentrada já estabelecido em bula pela legislação brasileira, utilizando-se dois fatores de risco.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Pesticidas: Histórico

Na sociedade atual as atividades relacionadas à indústria química se tornaram essenciais para a sociedade, porém estas passaram a representar uma ameaça à saúde humana e ao ambiente. Ao mesmo tempo em que propiciam grandes progressos, também criam impactos negativos, principalmente devido aos processos de produção e ao uso inadequado de seus produtos (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY/UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH – IPCS/UNITAR, 1998). Substâncias químicas estão presentes em todos os produtos utilizados pelo homem, desde os do setor agrícola, aos do setor da saúde pública, o que faz da indústria química um dos maiores negócios do mundo (BROWN, 2003).

Devido à sua toxicidade, em qualquer atividade realizada com pesticidas sempre vai existir determinado risco de intoxicação ocupacional (MACHADO NETO, 1997). Porém esse risco é o resultado do antigo desejo do homem de livrar-se das pragas que invadem seu modo de vida agrícola e urbano, sendo hoje ferramentas insubstituíveis para garantir os níveis de conforto técnico e social alcançados atualmente (MATTIOLI, 2005). Entretanto Franco (2000) relata que se usados de acordo com recomendações técnicas, os problemas potenciais decorrentes dos resíduos de pesticidas, são inesperados ou minimizados.

Em 1962 a bióloga americana Rachel Carson publicou uma das primeiras e mais fundamentais denúncias sobre o efeito dos pesticidas, no livro “A Primavera Silenciosa”. Carson mostrou o outro lado de muitos produtos comercializados como “inofensivos” para a saúde humana, tanto de uso agrícola como doméstico. Nos anos seguintes a esta publicação incontáveis pesquisas analisando as consequências do uso de pesticidas têm levado à proibição da venda de muitas moléculas e à formulação de legislações mais rigorosas sobre o assunto (GUIVANT, 1992).

Bhalli et al. (2006) relatam que no desenvolvimento das nações, buscando-se evitar epidemias de doenças cujos vetores são insetos e na necessidade de produzir alimentos e fibras em quantidade e qualidade, os pesticidas se tornaram um “mal necessário”, uma vez que, principalmente os grupos químicos antigos como

organofosforados, carbamatos e piretróides, têm grande potencial de risco para o ambiente e organismos não alvo, como o próprio homem.

Segundo García (1998) a exposição humana a pesticidas pode ser ambiental ou ocupacional. No primeiro caso a exposição é em função do ar, água ou comida contaminada, que apesar do potencial alto, os níveis de exposição são baixos. Entretanto, a exposição ocupacional pode ser muito alta. Trabalhadores rurais são expostos a pesticidas desde o transporte até a reentrada em área contaminada, sendo que a mistura e carregamento são considerados de maior risco em função do manuseio do produto com concentração máxima na formulação comercial.

Estima-se que anualmente, três milhões de pessoas sejam contaminadas por pesticidas em todo mundo, sendo que 70% desses casos ocorrem nos países em desenvolvimento (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1985). Regiões como África, América Latina e Ásia são citadas como locais onde não existe infraestrutura suficiente para regular e controlar eficazmente o uso de pesticidas (NUNES; RIBEIRO, 1999). Isto é um cenário onde o homem é considerado apenas uma peça mecânica, substituível e de baixo custo. Este grave impacto social deve ser corrigido com a modificação das linhas de ação e com a conscientização de toda a população para os diversos problemas ligados aos pesticidas.

Em relação ao contexto de vulnerabilidades quanto à exposição, há grande subnotificação de intoxicações por pesticidas no Brasil. Estima-se que para cada caso registrado de intoxicação por pesticidas ocorrem outros 50 sem notificação, ou com notificação errônea (BRASIL, 2010; SOBREIRA; ADISSI, 2003). Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde, 70% das intoxicações por pesticidas ocorridas no mundo são devidas a exposições ocupacionais (OLIVEIRA-SILVA, 2001).

Franco (2004) afirma que as autoridades mundiais estão convencidas que os métodos de controle químico continuarão a desempenhar papel significativo nos programas de controle de pragas nas próximas décadas. Em função disso, pesticidas continuarão a estimular pesquisas e discussões relacionados a seu uso em todo o mundo, motivando empresas agroquímicas a retirar de seus portfólios produtos mais antigos e mais tóxicos e introduzir moléculas mais seguras e eficientes, além de motivar pesquisadores a buscar um melhor entendimento dos efeitos colaterais do seu uso no ambiente e no cotidiano da sociedade.

## 2.2. Avaliação do Risco Ocupacional

A partir de 1960 surgiram, principalmente nos E.U.A movimentos em prol da segurança no uso de pesticidas, que resultaram em mudanças na regulamentação dos mesmos, passando de uma abordagem até então centrada na eficácia, a uma abordagem de proteção, com o objetivo de assegurar um risco aceitável para o homem e o ambiente, considerando custos, benefícios econômicos, sociais e ambientais (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1996).

De acordo com Leite e Amorim (2006) a toxicologia é a ciência que tem como objeto o estudo do efeito adverso de substâncias químicas sobre os organismos vivos, com a finalidade principal de prevenir o aparecimento deste efeito, ou seja, estabelecer o uso seguro destas substâncias químicas.

Segundo Larini (1999) a avaliação do risco compreende o estado qualitativo e quantitativo, onde são considerados dados toxicológicos, o tipo de dano provocado, as doses utilizadas e os efeitos correspondentes, bem como os dados de exposição e de eficácia, para inferir o grau de segurança do composto pesticida e dos outros componentes constituintes da formulação técnica, disponível no mercado consumidor.

Chester (1993) afirma que a avaliação da exposição de trabalhadores rurais a pesticidas é parte integrante da avaliação do risco para a segurança e propósito de uso dessa classe de produtos. Por exemplo, resíduos de pesticidas têm sido mensurados na pele de trabalhadores rurais, nas roupas de trabalho e calçados (FENSKE, 1988; KOIZUMI, 1991; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1992; GOMES et al., 1999; BOENIGER; LUSHNIAK, 2000; CAMPBELL et al., 2000; KEIFER, 2000; KRIEGER; DINOFF, 2000; BROUWER et al., 2000 citados por GOLDMAN et al., 2004). Outros estudos têm avaliado a efetividade de roupas de proteção visando reduzir a exposição dérmica aos pesticidas (NIGG et al., 1986; FENSKE, 1988; CSISZAR et. al., 1988; SALEH et al., 1988; GOMES et al. 1999, citados por GOLDMAN et al., 2004).

Kotaka (2005) relata que a avaliação do risco toxicológico constitui instrumento fundamental para o balizamento do uso de pesticidas, porque mostram os efeitos indesejados, a dose sem efeito, a margem de segurança e a probabilidade de exposição dos trabalhadores e da população em geral. A avaliação dos riscos e dos benefícios, que o uso de pesticidas representa, pode indicar a necessidade de

modificar a maneira como é utilizada determinada tecnologia, alterando seu enfoque para maior proteção à saúde dos trabalhadores, da população em geral e do ambiente.

A utilização dos pesticidas no meio rural brasileiro tem trazido uma série de consequências tanto para o ambiente como para a saúde do trabalhador rural. Em geral, essas consequências são condicionadas por fatores intrinsecamente relacionados, tais como o uso inadequado dessas substâncias, a alta toxicidade de certos produtos, a falta de utilização de equipamentos de proteção e a precariedade dos mecanismos de vigilância. Esse quadro é agravado pelo baixo nível socioeconômico e cultural de grande parte dos trabalhadores rurais brasileiros (OLIVEIRA-SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2001; SOBREIRA; ADISSI, 2003).

Alves Filho (2002) ressalta a relação direta entre os índices de intoxicação e os valores das vendas de pesticidas. O aumento no consumo, associado ao despreparo para a utilização da tecnologia, potencializa a probabilidade de ocorrência de danos, que podem ter cunho ocupacional, ambiental e de saúde pública.

De acordo com Daldin e Santiago (2003), o risco de intoxicação é definido como a probabilidade estatística de uma substância química causar efeito tóxico. O risco é função da toxicidade do produto e da exposição. Segundo o International Programme on Chemical Safety - IPCS (1998) o risco de uma substância química é determinado não apenas pela toxicidade da substância, mas também, pela concentração e quantidade à qual as pessoas e o ambiente estão expostos, por qual rota e por qual via (oral, inalatória ou dérmica), por quanto tempo e com que frequência ocorre a exposição.

Independente dos inúmeros fatores inerentes ao risco de intoxicação ocupacional no uso de pesticidas, o efeito de cada um deles pode ser estimado por meio da toxicidade intrínseca ou na exposição existente (Bonsall, 1985). Como o risco do pesticida utilizado é diretamente proporcional à toxicidade e a exposição dos trabalhadores ( $RISCO = TOXICIDADE \times EXPOSIÇÃO$ ) que executam atividades no controle de pragas, pode-se exemplificar diversas características que colaboram neste aumento do risco, como característica do produto (grupo químico, formulação, concentração, modo de ação); características do trabalhador exposto (idade, sexo, estado patológico, estado nutricional); exposição, que depende do tempo (jornada

de trabalho e frequência) e condições de trabalho (equipamentos de aplicação, EPI's, higiene).

O gerenciamento de risco é uma decisão técnica e política e depende dos interesses relacionados com a produção, comercialização, consumo ou emprego de uma determinada substância no país (SILVA, 2004). Valadão et al. (1999) e Foloni (2000) citados por Silva (2004) relatam que as etapas e ações executadas na identificação do perigo, análise de risco e gerenciamento do risco, são dependentes da ação conjunta do governo, comunidade científica e setor privado. Oliveira (2005) alerta que a rápida expansão do mercado de produtos químicos e o insuficiente conhecimento sobre riscos, aliados ao fato que são poucas as ferramentas eficientes para a tomada de decisão sobre o tema, clamam por políticas públicas mais objetivas. Do contrário, o quadro de contaminação humana e ambiental tenderá a agravar-se.

A avaliação da exposição é uma parte do processo da avaliação do risco à saúde humana requerido para a regulamentação de pesticidas em muitos países. No Brasil, a legislação dos pesticidas e afins exige apenas uma revisão de sua periculosidade através da avaliação toxicológica, não abordando, portanto, de forma sistemática, o processo da avaliação do risco. As ferramentas e informações para a realização da avaliação do risco toxicológico ocupacional com pesticidas estão disponíveis e seria desejável que fossem discutidas, visando sua realização, para melhorar as condições de segurança no trabalho com pesticidas no país, e a capacitação técnica necessária (TREVISAN, 2002a).

Cenários primários de exposição, como a abertura das embalagens de pesticidas, a pré-mistura, o carregamento do tanque pulverizador e a aplicação, recebem mais atenção de pesquisadores e da assistência técnica. Cenários secundários como o risco que resíduos deslocáveis oferecem, apresentam um número reduzido de trabalhos de pesquisa em todo o mundo, como exemplo o trabalho de Ramwell et al. (2006) que estudaram o risco para os trabalhadores, dos resíduos externos da calda de pulverização presentes na superfície de pulverizadores.

### 2.3. Resíduos Deslocáveis

Trevisan (2002b) cita que o modo principal de contaminação ambiental por pesticidas são os depósitos resultantes das aplicações destas substâncias químicas usadas para controlar pragas e doenças.

O resíduo deslocável é uma porção de um resíduo do pesticida em uma vegetação tratada que é prontamente removida e pode constituir-se em risco para trabalhadores rurais. Geralmente é determinado pelo resíduo removido quando discos foliares de plantas são agitados por um curto período em água (IUPAC, 2004 citado por FRANCO, 2004). De acordo com Fenske (1993) um dos caminhos da exposição da pele é pelo contato com a superfície contaminada, ou seja, a transferência do resíduo da área contaminada para a pele.

Segundo Pessini (2003), é inevitável a ocorrência de resíduos nas superfícies que receberam aplicação de um pesticida, mesmo em quantidades pequenas. Rouchaud e Meyer (1982) citam que os pesticidas geralmente penetram nos tecidos da planta, mesmo que apenas nas camadas subcuticulares. E, também, que os pesticidas que não penetram nos tecidos, permanecem na superfície da planta, podem ser fotodecompostos, perdidos por volatilização e lavagem pelas chuvas.

Gianotti (1971) considera que o resíduo deslocável poderia ser interpretado, como uma simples camada do pesticida que recobre as folhas ou frutos. Esta visão simplificada é mais bem definida por Gunther (1969), que considera a camada do produto fracamente aderida, que recobre a superfície da planta, após a pulverização da parte aérea, como depósito. Enquanto que o material sobre ou no interior do substrato, após o início da atuação dos processos de penetração e degradação do composto refere-se ao resíduo.

O depósito torna-se resíduo tão logo ele seja afetado por lavagem, conversões metabólicas ou outros processos de alteração que causem atenuação e degradação (GALLO, et al. 1988).

Dupuis (1975) cita que a presença de resíduos em uma determinada amostra depende do tipo do produto utilizado, da estrutura e propriedades físico químicas de cada produto, do tipo de aplicação, incluindo época, número de aplicações, tempo entre a última aplicação e a amostragem, formulação usada, condições climáticas e fisiologia da planta.

Em relação à formulação, Dupuis (1975) afirma que esta pode afetar a taxa e o grau de penetração do produto ou a tenacidade do depósito superficial, sendo que a penetração do produto pode aumentar a degradação (dissipação) se o composto atingir o tecido subcuticular com alta atividade metabólica. Porém, se o mesmo permanecer na cutícula mais ou menos inerte na folha ou no fruto, pode persistir por um longo período protegido das influências externas. Spencer (1965) relata que a formulação é um dos fatores que mais afeta a degradação dos pesticidas, pois concentrados emulsionáveis penetram rapidamente nos tecidos das plantas e apresentam curvas que evidenciam resíduos persistentes.

Ebeling (1963) divide os fatores envolvidos no desaparecimento dos resíduos em dois grupos. No primeiro, encontram-se aqueles comuns a todos os produtos: a planta tratada, a formulação do pesticida e os fatores que causam o desaparecimento rápido dos depósitos superficiais como chuva, umidade, vento, temperatura e luminosidade. No segundo grupo estão os fatores que dependem da natureza do produto, incluindo a decomposição química, sendo que muitos pesticidas podem penetrar nos tecidos da planta e serem metabolizados ou quimicamente alterados e afetar a quantidade e persistência dos resíduos.

Para Gunther (1969), o desaparecimento de um pesticida na natureza, aplicado em pulverização, pode ser separado em duas fases: uma fase de degradação, em que há o desaparecimento rápido do depósito inicial e uma fase de persistência, onde ocorre a diminuição lenta no nível dos resíduos existentes no substrato, pela ação de fatores atmosféricos e ataque metabólico.

Quanto à penetração dos produtos, Gallo et al. (1988) citam três categorias de resíduos: resíduos extracuticulares, aderentes à camada de cera da cutícula; resíduos cuticulares, que estão incrustados ou dissolvidos na camada de cera; e resíduos subcuticulares, penetrados abaixo dela. Os resíduos extracuticulares podem ser facilmente removidos por lavagens. Os resíduos cuticulares podem ser removidos por lavagem e raspagem. Resíduos subcuticulares não podem ser eliminados ou mesmo diminuídos por meios mecânicos, exceto em poucos casos como descascando o fruto, onde a maior parte da penetração é restrita à casca.

Segundo Matsumara (1985), com os estudos de degradação e persistência de pesticidas pode-se determinar conceitos como o valor de meia vida de degradação (depósito) ou de persistência (resíduo), como sendo o tempo necessário para que metade de uma dada quantidade do material (depósito ou resíduo) seja perdida ou

dissipada. Para um determinado composto, em uma cultura, a meia vida de persistência representa uma característica constante e um valor de referência em comparações de persistência de vários pesticidas em uma determinada cultura.

Como fatores que afetam a exposição e o decréscimo dos resíduos ou depósitos têm-se, o tempo, o tipo de cultura, a taxa de trabalho do colhedor (está relacionado com a quantidade de contato com a planta), método de trabalho, dose aplicada e condições climáticas (NIGG; STAMPER, 1989).

Já o resíduo deslocável é uma porção de um resíduo do pesticida numa vegetação tratada que é prontamente removida e pode constituir-se em risco para trabalhadores rurais.

Segundo Gunther et al. (1973), no estudo de resíduo deslocável é importante o estabelecimento de técnicas específicas, que possam ser seguidas em trabalhos com diversas culturas tratadas com o pesticida, nas quais são frequentes o contato dos trabalhadores com a folhagem, como morango, fumo, algodão, alface, tomate, videira e a maioria das frutíferas arbóreas.

#### **2.4. Exposição Dérmica e Resíduo Deslocável**

A exposição dérmica pode ser real ou potencial; esta é considerada como a quantidade do pesticida coletada sobre a pele exposta, sobre as roupas, luvas protetoras e outros equipamentos de proteção, e considerada como teoricamente capaz de alcançar a pele na ausência de vestimentas ou completa penetração através delas (TURNBULL et al., 1985). A exposição real, segundo Bonsall (1985) é a quantidade absoluta de um pesticida qualquer, que entra em contato com a pele (sem a proteção da roupa) e, portanto, disponível para absorção.

Giles e Blewet (1991) baseados em uma série de trabalhos anteriores, citam que a exposição dérmica é fortemente correlacionada com níveis de resíduos foliares deslocáveis, e que esta relação levou ao desenvolvimento de um fator de transferência empírico. Zweig et al. (1985) ao estudarem a relação entre colhedores de frutas e resíduos deslocáveis na Califórnia e no Oregon relataram que existe uma relação entre exposição dérmica e resíduos deslocáveis, sendo possível a criação de um fator empírico de correlação.

Segundo Franco (2004) a validade prática do fator de transferência é que ele permite uma estimativa da exposição baseada no nível de resíduo foliar deslocável.

De acordo com Pependorf e Leffingwell (1982) a aplicação de um pesticida numa cultura resulta em um depósito inicial, que se transforma em resíduo de grandeza reduzida e forma alterada. A entrada do trabalhador, para colheita e outras atividades na área tratada, coloca-o em contato com o produto depositado sobre a superfície de folhas e frutos, de modo a ocorrer a transferência desses resíduos para a pele do trabalhador.

A absorção de uma substância depende da via pela qual ela penetra no organismo. Na manipulação de pesticidas, a absorção dérmica é a mais importante e pode ser mais intensa quando se utilizam formulações oleosas (ZAMBRONE; MELLO, 1996; WOLFE et al., 1972). A absorção por via respiratória é consequência da aspiração de partículas, gases ou vapores. Na exposição ocupacional, a contaminação oral é menos frequente e normalmente ocorre por acidente ou descuido.

De acordo com Machado Neto (1991) como a exposição dérmica representa a quase totalidade da exposição ocupacional, a pele do trabalhador deve, portanto, ser bem protegida. As medidas de controle da exposição dérmica basicamente são através de equipamentos de proteção individual (EPI's) e por redução da condição de insegurança que a atividade apresenta.

Segundo Kissel e Fenske (2000) trabalhadores rurais que reentram em lavouras depois da aplicação de pesticidas e que irão desempenhar atividades de trabalho manuais são potenciais sujeitos de exposição dérmica através dos resíduos foliares e do solo.

Zweig et al. (1983) estudaram a relação existente entre dois pesticidas com resíduo deslocável (folha) na cultura do morango e a exposição dérmica. Constataram que a taxa média de resíduos deslocáveis (folha) dos fungicidas captan e benomil são similares à taxa média de exposição dérmica. Isto sugere que os resíduos deslocáveis (folha) são transferidos na mesma proporção para a superfície da pele do trabalhador. Ainda segundo estes autores, uma variável importante que afeta a exposição é a taxa de trabalho. O trabalhador que colhe grandes quantidades de frutos, tem maior contato com a folhagem e, conseqüentemente, com os resíduos deslocáveis dos pesticidas. Atividades que envolvem a reentrada na cultura podem envolver mais horas de trabalho do que o tempo que se gasta aplicando o pesticida (COCK, 1995).

García (2003) alerta que o trabalhador rural que tem contato com pesticidas na reentrada na lavoura, acaba contaminando a roupa de trabalho, que serve de veículo de contaminação para sua residência e membros familiares, um ato não intencional, comparado ao reuso de embalagens vazias de pesticidas, que é comum em países pobres (LONDON, 2002). Além da roupa, a própria pele do trabalhador pode servir de veículo de contaminação para os membros de sua família (SIMOX, 1995; BRADMAN, 1997; LOEWENHERZ, 1997; FENSKE, 2000; LU, 2000; McCAULEY, 2001 citados por GOLDMAN, 2004).

Um estudo realizado em Fresno County, importante município agrícola da Califórnia, por Mills e Zahm (2001), analisou a presença de resíduos de organofosforados na urina de trabalhadores rurais e de seus filhos. Observou-se nas crianças, em alguns casos, metabólitos de organofosforados com níveis acima dos próprios adultos. Os autores alertam que os adultos, ao se contaminarem em campo com resíduos de pesticidas, são fonte de contaminação através de contato físico com seus filhos, que não tem o sistema imunológico bem desenvolvido e que apresentam um área do corpo em relação ao peso corpóreo muito menor que um adulto, são indivíduos mais sensíveis aos pesticidas.

Para compreender melhor este tipo de contaminação *indoor* proveniente dos resíduos deslocáveis capturados em campo e de atividades de aplicação de pesticidas, McCauley et al. (2001) estudaram o comportamento de 166 trabalhadores rurais no estado do Oregon/EUA, predominantemente masculinos. Relatou que 18,1% usaram roupas de proteção; 60% entraram em casa com os calçados de trabalho e 75% entraram em casa com a roupa usada no trabalho, e um terço permanecia com a roupa durante mais de meia hora depois da chegada ao domicílio.

Culturas que exigem muitos tratamentos culturais e onde a colheita é manual, como no caso de frutas e hortaliças e que exigem uma aplicação quase em série de pesticidas, são merecedoras de atenção em relação ao risco e estudos redobrados em relação a resíduos deslocáveis. No caso do algodoeiro, que também recebe uma carga grande de pesticidas em seu ciclo de produção, a atividade de contato mais íntimo com a lavoura ocorre durante a inspeção, em busca de problemas fitossanitários, seguido de atividades de capina, realizada mesmo em algumas regiões onde o algodoeiro é produzido em grandes áreas comerciais, visando a catação de plantas daninhas não controladas por herbicidas e posteriormente por

atividades de pesquisa, que devido a peculiaridade da atividade, exige diversas reentradas durante as avaliações dos experimentos. Esses três grupos de atividades de risco são citados por Ware et al. (1973) que salientaram que a atividade de maior risco é a amostragem em função das grandes distâncias percorridas e o contato com a folhagem das plantas de algodoeiro.

## **2.5. Exposição Dérmica e Reentrada**

O aumento do uso de pesticidas após a Segunda Guerra Mundial, veio atrelado à curiosidade e necessidade do homem de entender que, apesar do grande custo/benefício, ele teria que compreender melhor o risco/benefício da atividade.

Um problema sério, no entanto, é estabelecer o que é um risco aceitável no uso de uma substância química. Esta decisão é bastante complexa e envolve o binômio risco-benefício, ou seja, altos riscos podem ser aceitáveis no uso das chamadas *life saving drugs*, ou seja, os fármacos essenciais à vida (LEITE; AMORIM, 2006).

Apesar de décadas de pesquisa científica e discussões públicas na elaboração de leis e manuais de bom uso agrícola desses produtos, ainda existem muitos nichos de pesquisa a serem explorados e melhor compreendidos, e que posteriormente serão o alicerce de políticas públicas e novos regimentos no uso de pesticidas, a fim de garantir a sanidade dos cultivos e que o risco inerente ao uso dos pesticidas seja conhecido e melhor controlado.

De acordo com Chang et al. (2005) exposições repetidas a produtos químicos são comuns em muitos cenários ocupacionais. O problema da exposição dérmica tem recebido mais atenção, porque trabalhadores podem se expor repetidamente de forma fácil e não intencional em sua rotina de trabalho. A reentrada em lavoura tratada com pesticida se encaixa neste contexto, sendo uma contaminação não esperada pelo trabalhador.

Segundo Spear (1991) os pesticidas representam perigo aos agricultores em situação de trabalho sob três formas. Além do trabalho de carregamento e mistura e da aplicação, o trabalhador que participa da colheita, adentrando na área tratada, entra em contato com resíduos na folhagem e no solo. É importante ressaltar que um mesmo trabalhador pode estar envolvido nas três atividades.

De acordo com Mott e Snyder (1987) citados por Guivant (1992) e García (1998) é necessário aumentar as pesquisas sobre os efeitos dos pesticidas, em forma de contaminação direta e indireta, por que seus efeitos não se dão exclusivamente com uma alta exposição. Considera-se que para certos perigos, como o câncer, qualquer nível de exposição pode apresentar risco. Para muitos peritos não existe a possibilidade de definir níveis seguros e inseguros de exposição.

Nesse contexto, inclui-se o intervalo de reentrada, que segundo o conceito da legislação vigente é o “intervalo de tempo entre a aplicação de agrotóxicos ou afins e a entrada de pessoas na área tratada sem a necessidade de uso de EPI” (Decreto 4.074, de 04 de Janeiro de 2002, Capítulo I, Artigo I, Inciso XX) (COORDENADORIA DE DEFESA AGROPECUARIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - CDA, 2011).

Nos Estados Unidos, os intervalos de reentrada são determinados pela EPA (*Environmental Protection Agency*). Esses intervalos são baseados na toxicidade aguda dos pesticidas, sem levar em consideração o tipo de cultura, a atividade do trabalhador na cultura e sua exposição por conta disso. Entretanto, esta abordagem é a base de praticamente todos os intervalos de reentrada atuais dos pesticidas nos Estados Unidos. Uma segunda abordagem sobre o intervalo de reentrada está entrando em vigor naquele país. A partir de 2004, para a determinação do período de reentrada são considerados aspectos como o tipo de cultura e suas atividades específicas, associado a algumas perspectivas de uso do pesticida na cultura. Essa metodologia elimina possíveis falhas da abordagem anterior e possibilita determinar um intervalo de reentrada mais seguro para o trabalhador rural americano (BAYERCROPS SCIENCE, 2004).

No Brasil, o responsável pela determinação do período de reentrada é o Ministério da Saúde, cabendo aos técnicos da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) órgão subordinado, a análise e o estabelecimento desse período (Decreto 4.074, de 04 de Janeiro de 2002, Capítulo II, Artigo VI, Inciso IV) (COORDENADORIA DE DEFESA AGROPECUARIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - CDA, 2011). Os itens levados em consideração para o estabelecimento do intervalo de reentrada são a modalidade de aplicação do pesticida, a toxicidade e a formulação. Desta forma, não existe testes de campo ou metodologia, sendo este estabelecido de forma empírica. Esse tipo de conduta pode levar a determinação de intervalos de reentradas sub ou superestimados. Em Janeiro de 2011, a ANVISA publicou no Diário Oficial da União uma Consulta Pública, que propõe a atualização

da Portaria 03/1992 do Ministério da Saúde, onde entre outros itens, está prevista a avaliação do risco e da exposição a pesticidas. A atualização dessa Legislação, ao entrar em vigor irá alinhar o Brasil à normas internacionais mais atualizadas para avaliação de pesticidas (BRASIL, 2011c).

Os estudos de saúde ocupacional do trabalhador rural que manipula pesticidas são raros. Alguns trabalhos referentes à contaminação durante a aplicação e preparo da calda são encontrados em literatura, porém estudos de reentrada na área tratada após a pulverização são escassos.

Faria et al. (2004) ao entrevistarem 1500 agricultores, relataram que 56% dos homens e 37% das mulheres reentravam em locais com aplicação recente de pesticidas e 17% dos homens e 71% das mulheres lavavam roupas contaminadas.

Outro aspecto relevante em relação ao intervalo de reentrada, é que quando o agricultor ou operador, recebe alguma instrução sobre o uso de pesticidas, o técnico dá preferência em transmitir informações sobre os momentos mais críticos da operação, como o uso correto do EPI, e os procedimentos corretos no momento de diluir e aplicar o produto. Muitas vezes, acaba omitindo a informação e a importância do intervalo de reentrada, informação que não existe no rótulo em forma de pictograma, importante para pessoas analfabetas ou semianalfabetas.

Segundo Trapé (2010) o grupo de trabalhadores rurais que tem contato indireto com pesticidas são os que realizam capinas, desbastes e colheitas. Este autor tem maior preocupação com esse grupo de trabalhadores, porque não há respeito pelo intervalo de reentrada nas lavouras, sendo que muitas vezes, estes se expõem e se contaminam em maior grau do que o grupo de contato direto, os preparadores da calda e os aplicadores. Segundo Hemmen (1993) e Moreira (2002) na reentrada em área aplicada, a exposição se dá durante atividades de intenso contato com a cultura como a colheita de frutos, hortaliças e flores.

Cock (1995) relata que a reentrada na lavoura após aplicação pode ser apontada como a maior fonte de exposição, pelos resíduos deslocáveis presentes na folhagem e no solo após a aplicação do pesticida. Embora a exposição seja considerada mais baixa do que outras atividades que envolvem diretamente a manipulação de pesticidas, como a diluição e aplicação, as atividades que envolvem a reentrada na área são muito mais frequentes, quase sempre envolvendo muitas horas.

Na avaliação dos aspectos relativos a saúde e segurança no trabalho, Alves Filho (2001) recomenda investigar, além das condições de riscos presentes nos ambientes, a atividade de trabalho, o quantitativo de indivíduos submetidos a situações com potenciais de ocorrência de acidentes e doenças por exposição ocupacional.

## **2.6. Intoxicação por Pesticidas na Cultura do Algodoeiro**

A relação existente entre a classe do pesticida utilizado, o grupo químico e as intoxicações sofridas pelos trabalhadores em decorrência da prática agrícola, está diretamente relacionada ao tipo de cultura empreendida e a consequente tecnificação demandada para exploração (FARIA et al. 2004, citado por POLASTRO, 2005).

Atualmente, a cultura do algodoeiro no Brasil, tem todas as etapas dos seus tratamentos culturais mecanizadas, e a única atividade de intenso contato com a cultura, é a amostragem de pragas, esta atividade que é realizada por Eng. Agrônomos, Técnicos Agrícolas ou mesmo trabalhadores sem formação acadêmica, que tem o conhecimento necessário para tal atividade.

O algodoeiro é a cultura temporária que mais se aplicam inseticidas no país (Pires et al., 2005). Em 2000, 78% de todo inseticida comercializado e 29,2% do herbicida foram utilizados na cotonicultura. Os mesmos autores, ao estudarem intoxicações provocadas por pesticidas na região de Dourados, entre 1992 e 2002, constataram que houve correlação positiva entre a cultura do algodoeiro, casos de intoxicação e área semeada. O principal grupo causador das intoxicações foram os inseticidas, sendo 34% causados por organofosforados, 26% por carbamatos, 7,4% por organoclorados e 6,8% por piretróides.

As primeiras informações sobre problemas de saúde em relação a pesticidas no Brasil datam de 1950; quando foram constatados na região de Presidente Prudente, pelo Instituto Biológico, da Secretaria Estadual de Agricultura. Foram constatados casos de doenças em 118 cotonicultores, com 21 mortes por uso de organofosforados (ALMEIDA, 1967 citado por TRAPÉ, 2010).

Polastro (2005) estudando os casos de intoxicação de pesticidas no Estado do Paraná durante o período de 1993 a 2000, relatou que a queda de 50,4% na área de plantio da cultura no entre os anos de 1993 a 1995, provocou, no mesmo período

redução de 52,8% nos casos de intoxicação provocadas por pesticidas. Nos assentamentos rurais do Paraná, as culturas onde ocorrem mais casos de intoxicações por pesticidas são o algodoeiro (46,2%) e o milho (23,1%) (NISHIYAMA, 2003). Informação essa concorda com Garcia (2001) que encontrou uma relação direta entre as curvas de crescimento de registro de intoxicações e as vendas de pesticidas. Alves Filho (2002) corrobora estes dados de relação entre a quantidade de pesticidas utilizada com os valores das vendas dos produtos e os índices de intoxicação.

## **2.7. Inseticidas Organofosforados**

Os primeiros compostos organofosforados foram preparados por alquimistas na Idade Média, mas seu estudo sistemático teve início no século XIX, por Lassaigne em 1820, com a esterificação do ácido fosfórico. Vinte e cinco anos mais tarde, uma série de derivados de fosfinas foi preparada por Thnard e colaboradores e a partir destes trabalhos o progresso da investigação dos compostos de fósforo foi acelerado (SANTOS, 2007). A partir da segunda metade do século XIX, seu desenvolvimento foi dominado por pesquisadores britânicos e alemães (TOY; WALSH, 1976). A descoberta das propriedades tóxicas e inseticidas de alguns compostos de fósforo por Schrader e colaboradores em 1930, criou novos compostos organofosforados nas indústrias (STODDART, 1979).

Os inseticidas organofosforados inibem a enzima acetilcolinesterase. A acetilcolinesterase tem como função hidrolisar a acetilcolina que serve como mediadora das transmissões nervosas no sistema nervoso central, parassimpático, ortossimpático e nas junções mioneurais. Em excesso, a acetilcolina torna-se prejudicial, sendo a função da colinesterase hidrolisa-la dando origem à colina e ao ácido acético, ambos inofensivos ao organismo humano. Ou seja, a inibição da colinesterase através dos compostos fosforados provoca o acúmulo de acetilcolina e o organismo passa a apresentar umas séries de manifestações. Sintomas da intoxicação aguda incluem suor, salivação, lacrimejamento, fraqueza, tontura, dores e cólicas abdominais, seguidos de vômitos, dificuldade respiratória, colapso, tremores musculares, convulsões e morte (PIRES et. al., 2005).

Os organofosforados causam também efeitos neurológicos retardados após a exposição aguda e como consequência da exposição crônica, incluindo confusão

mental e fraqueza muscular. A exposição crônica a estes compostos pode levar ao desenvolvimento de sintomas de depressão, um fator importante nos suicídios (SCARTH et al., 2000). Em um estudo com produtores de algodão egípcios, mostrou que a exposição a estes produtos está associada à deficiência das funções neurológicas ligadas ao comportamento, bem como a prejuízos da capacidade de abstração verbal, atenção e memória (FARAHAT et al., 2003).

A absorção dérmica é a principal via de penetração nas intoxicações ocupacionais, naqueles indivíduos que aplicam produtos sob a forma de pulverização ou naqueles que lidam nas plantações após a aplicação de organofosforados, para atividades de colheita, catações e podas. A absorção dérmica dos compostos organofosforados é aumentada nos ambientes de temperatura elevada e quando da existência de dermatites. Para alguns compostos, mesmo com baixa toxicidade aguda, o contato dérmico pode ocasionar intoxicações sérias em função da dificuldade de remoção dos mesmos através do banho normal com sabão neutro (LARINI, 1999).

### **2.7.1. Metamidofós**

Casos de intoxicações têm sido relatados na literatura, especialmente em decorrência de consumo de alimentos contaminados com metamidofós, em exposições ocupacionais e em tentativas de suicídio (GOH et al, 1990; LUNG, 1990; MCCONNELL; HRUSKA, 1993; CORNWALL et al, 1995; CHAN et al, 1996; GÜVEN et al, 1997; CHAN, 2001; WU et al, 2001; RECENA; PIRES; CALDAS, 2006; KHAN et al, 2008; SUMI; OODE; TANAKA, 2008, citados por BRASIL 2011a).

Este composto é altamente tóxico aos mamíferos, aves e insetos. Produz desgaste dos EPI como respirador, óculos de proteção para químicos, luvas de borracha e roupa protetora impermeável (FARM CHEMICAL HANDBOOK, 1994 - 1995; KIDD; JAMES, 1991, citados por BRASIL 2011a).

A partir da década de 1990 no Brasil, houve um crescente aumento no uso do metamidofós, onde foram registrados casos de uso abusivo e indiscriminado em Minas Gerais (MOREIRA, 1995) e casos de contaminação em culturas de hortaliças no Maranhão (ARAUJO, 2000).

Segundo IBGE (2004) citado por Oliveira (2005) o metamidofós foi o inseticida mais comercializado no país em 2000, com um total de 4.290 toneladas de

ingrediente ativo. Oliveira (2005) citando ANVISA (1999) relatou que os produtos comerciais a base de metamidofós foram colocados em processo de reavaliação toxicológica, a qual foi concluída em 2002. Nesta reavaliação foram cancelados os registros de culturas onde a população as consome de forma crua, e se vetou a aplicação do produto através de pulverização utilizando pulverizadores costais.

## **2.8. Inseticidas Carbamatos**

Os primeiros carbamatos surgiram no mercado por volta de 1950. São pesticidas orgânicos derivados do ácido carbâmico. Três classes de carbamatos são conhecidas: carbamatos inseticidas, carbamatos herbicidas e carbamatos fungicidas. Os carbamatos usados como inseticidas são derivados do éster de ácido carbâmico. Em geral são compostos instáveis. Muitos fatores influenciam a degradação dos carbamatos, como a umidade, temperatura, luz, volatilidade. Agem por contato e ingestão, são inibidores das enzimas colinesterases, embora com mecanismo diverso dos organofosforados (ANDRADE, 2003).

Segundo Baptista et al. (1992) os inseticidas carbamatos são importantes inseticidas agrícolas. Em geral, são bastante tóxicos, com exceções, porém, menos tóxicos do que os fosforados. É um grupo de inseticidas frequentemente envolvido em intoxicações ocupacionais. Também são inibidores de colinesterase, causando, a exemplo dos fosforados, síndrome colinérgica, atuando em sinapses dos sistemas nervoso central, periférico parassimpático e periférico motor, por acúmulo de acetilcolina nesses locais.

### **2.8.1. Carbosulfan**

Segundo Larini (1999) o carbosulfan é bastante estável em condições normais de armazenamento e instável em meio alcalino. Decompõe-se em temperaturas acima de 80°C. É indicado nas culturas do algodoeiro, citros e feijão, no tratamento de sementes de algodão, arroz, feijão, milho e trigo antes do plantio e no tratamento do solo para as culturas do fumo, arroz irrigado, batata, citros e tomate.

A característica mais interessante deste composto é citada por Trevisan (2002b) que relata que a ação tóxica do carbosulfan em insetos e ácaros é devido à

sua transformação em carbofuran, que é, assim, em consequência, quem, na verdade, controla, em grande parte estas pragas. O metabolismo do carbosulfan é fator determinante da autorização do uso do primeiro em pulverização nas partes aéreas nas culturas, uma vez que ele é menos tóxico do que o carbofuran e, desse modo, mais seguro aos aplicadores ocupacionalmente expostos.

## **2.9. Inseticidas Organoclorados/Ciclodienos**

Os primeiros registros de compostos organoclorados no Brasil ocorrem em 1946 e o surgimento da indústria de formulações ocorrem 1948, alavancada pela demanda decorrente do surgimento de muitas pragas nas principais culturas do país, como gafanhoto migratório, a broca-do-café e as pragas do algodoeiro incrementaram o consumo de pesticidas formulados, principalmente BHC e DDT (ALVES FILHO, 2002).

Famosos representantes de pesticidas organoclorados como DDT, Aldrin e Heptacloro foram banidos ou apresentam restrita condição de uso na maioria dos países, sendo atualmente a China uma exceção (GARCÍA, 2003). Segundo Larini (1999) o uso de inseticidas organoclorados está proibido ou severamente restrito em diversos países. Baptista et al. (1992) relatam que, por serem em geral, persistentes seus usos no Brasil foram proibidos pela portaria nº 329 de 02/09/85, do Ministério da Agricultura, com exceções, como por exemplo, para o uso de endosulfan, dicofol e clorobenzilato que, por não serem persistentes, têm seu uso permitido em várias situações.

Os sintomas de intoxicação no homem e nos outros mamíferos correspondem a náuseas, vertigens, transpiração fria, cefaléias que não cedem aos calmantes comuns, incoordenação cerebelar, ataques epileptóides de duração variável. Outros sintomas são: perdas de apetite, perda de peso e tremores (BAPTISTA et al., 1992).

### **2.9.1. Endosulfan**

Segundo IBGE (2004) citado por Oliveira (2005) o endosulfan foi o segundo inseticida mais comercializado no país em 2000, com um total de 4.058 toneladas de ingrediente ativo.

O endosulfan é um inseticida-acaricida muito utilizado nas culturas de soja, algodão, café, cana de açúcar e em outras cujo uso não é autorizado e é um dos principais contaminantes encontrados em alimentos, solo e água em vários países (ANTHERIEU et al, 2007). Um estudo acerca da comercialização e utilização de pesticidas nas cidades de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA) constatou que dois produtos formulados à base de endosulfan estavam entre os mais vendidos pelas lojas de pesticidas desse pólo fruticultor de uva e manga, culturas para as quais esse pesticidas não possui autorização (BEDOR et al, 2007).

O endosulfan é uma mistura de dois estéreoisômeros: o alfa-endosulfan, com uma configuração exo, e o beta-endosulfan, com uma configuração endo. O produto técnico contém de 90 a 95% da mistura dos dois isômeros (70% do alfa-endosulfan e 30% do beta-endosulfan). É um sólido cristalino de cor marrom, com odor de dióxido de enxofre. É estável à ação da luz solar, pouco estável à ação dos ácidos e bastante instável à ação dos álcalis (LARINI, 1999).

Segundo Quijano (2000) citado por Grisolia (2005) muitos estudos e documentos de fontes diferentes mostram que endosulfan é um pesticida altamente perigoso. Causa a intoxicação aguda e morte, afetando vários órgãos e sistemas, desencadeando distúrbios neurológicos, imunotoxicidade, toxicidade reprodutiva, toxicidade hepática e cardíaca, desordens sanguíneas, depressão respiratória, irritação na pele, além do fato de ser classificado também como desregulador endócrino.

## **2.10. Avaliação da Exposição Ocupacional**

A avaliação da exposição é considerada umas das 4 etapas do processo da avaliação do risco proposto pela NAS dos E.U.A (NAS, 1983 citado por TREVISAN, 2002a). Entretanto, a avaliação da exposição vem sendo considerada frágil, uma vez que os dados quanto ao contato do homem com as substâncias químicas são de difícil mensuração ou estimativa, pois muitas vezes ela ocorre ou ocorreu de forma não intencional, podendo apenas ser suposto. O público em geral e as entidades interessadas têm exercido constante pressão para que os avaliadores da exposição desenvolvam técnicas mais apuradas e adequadas de medir e/ou estimar a exposição às substâncias químicas dispersas no ambiente, para que a estimativa do

risco fique mais próxima da realidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1999).

Segundo Oliveira (2005) a União Europeia define exposição como a quantificação de um agente ambiental que atinge um indivíduo (dose exterior) ou é absorvido por ele (dose interior, absorvida).

Para entender melhor onde, quando, e como controlar exposições profissionais e involuntárias a produtos que tenham nocividade ao homem, é vital que higienistas compreendam os fatores que contribuem para elevar ou diminuir os níveis de exposição, podendo assim traçar estratégias racionais para minimização do risco (BURSTYN; TESCHKE, 1999).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2006) em um trabalho de revisão bibliográfica feito em 1994 por NESS (1994), foram catalogadas 175 publicações em língua inglesa sobre avaliação da exposição dérmica e inalatória de pesticidas. Desde o primeiro trabalho, publicado por Batchelor e Walker (1954), até os mais recentes, percebe-se que ainda não está bem estabelecida o método de avaliação que interprete com maior precisão a real exposição dos trabalhadores envolvidos no manuseio destas substâncias. Chester (1993) relata que não existe um método para avaliação de exposição ocupacional aceito e regulamentado internacionalmente.

Os métodos existentes, tem como premissa avaliar a exposição do trabalhador rural, durante o preparo da calda e a pulverização do pesticida, que são os momentos mais críticos da operação. Segundo Evans et al. (2001) o processo de avaliação de substâncias perigosas pode ser conduzido em uma atividade ou processo específico.

Em 1975 a Organização Mundial da Saúde (OMS) elaborou o primeiro protocolo para avaliação da exposição aos produtos organofosforados, incluindo o uso de absorventes para medir a exposição dérmica. Mais tarde o método foi reformulado para que pudesse ser utilizado com todos os pesticidas, incluindo um método alternativo para quantificação da exposição dérmica, o método do corpo total (Chester, 1995) e o monitoramento biológico (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD, 1997). Essa metodologia foi discutida e avaliada por Kotaka (2005), no uso de metamidofós em tomate rasteiro no país.

Frenich et al. (2002) utilizaram o método do corpo total para mensurar a exposição dérmica de pesticidas em trabalhadores que aplicam pesticidas nas estufas da região de Almeria na Espanha.

No Brasil são tímidos os trabalhos publicados que descrevem o perfil do uso de pesticidas pelo trabalhador rural e medem ou quantificam a exposição a esses produtos. Existem um número reduzido de pesquisadores que avaliam a exposição de trabalhadores agrícolas a pesticidas e conseqüentemente o número de trabalhos não é grande (SANTANA et al, 1995; MACHADO NETO et al, 1995; RAMOS et al., 2002; MOMESSO; MACHADO NETO, 2003; MACHADO NETO et al., 2006).

A estrutura do modelo atual de avaliação da exposição pressupõe a existência de ajustamentos necessários para a proteção da saúde e poderá vir a ser redesenhada conforme as observações no “trabalho vivo em ato” (MEHRY, 2001, citado por KOTAKA, 2005), procurando observar pontos mais vulneráveis durante as atividades dos trabalhadores.

Dois conceitos importantes sobre os efeitos no organismo devem ser lembrados: o efeito biológico, que é a resposta mensurável da dose nas moléculas, células ou tecidos; e o efeito adverso, que é o efeito biológico que causa alteração morfológica, fisiológica, do crescimento, desenvolvimento ou tempo de vida, que resultam em danos à capacidade funcional (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS, 2000). Seguindo esta linha de raciocínio, Mutti (2001) refere que não existirá risco, exceto se os níveis de exposição vierem a exceder o limiar de aparecimento de efeitos adversos.

As quantificações da exposição dos indivíduos aos agentes considerados perigosos podem ser feitas pela sua mensuração ou por estimativa, com o uso de modelos (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS, 1993). Elas devem estar apoiadas na coleta dos dados disponíveis sobre: as vias de penetração no organismo; a duração, a magnitude e a frequência da exposição; a distribuição da exposição nos indivíduos e na população em geral (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS, 2000). A quantificação da exposição poderá ser realizada, também pela pesquisa dos resíduos que entraram em contato com o indivíduo (dosimetria passiva) ou dos resíduos, metabólitos ou efeitos no organismo (monitoramento biológico).

O uso de modelos matemáticos é muitas vezes criticado, porque pesticidas são usados nos mais diferentes países e culturas, cada qual com particularidades

regionais, como clima, dosagens, modalidade de aplicação e nível de treinamento e aptidão do operador. Muitas vezes, não existe no banco de dados do modelo, informações sobre determinado tipo de aplicação, sendo esta crítica, que levou por exemplo Machera et al. (2003) a estudarem o potencial de contaminação dérmica e inalatória de malation quando usado em cultivo de tomates em estufa, sendo aplicado por lança manual. Marquart et al. (2003) relatam que para exposição dérmica existe número limitado de modelos, como o EASE, US/EPA, EUROPOEM e que a validação desses modelos não tem sido extensivamente estudada.

O risco de intoxicação ocupacional com pesticidas pode ser estimado através da exposição ocorrida em determinado período de trabalho nas atividades específicas e da toxicidade de cada um dos produtos utilizados (DURHAM; WOLFE, 1962). Segundo Rodricks (1992) a toxicidade de um agente químico pode ser definida de acordo com a duração da exposição, como: exposição aguda, exposição crônica, ou exposição sub-crônica. A exposição aguda envolve uma única dose; a exposição crônica geralmente faz referência a uma exposição ocorrida durante toda a vida, ou quase toda a vida; e a exposição sub-crônica, apesar de não ser bem definida, refere-se às exposições que ocorrem repetidamente ao longo da vida.

Os métodos de monitoramento mais usados na avaliação da exposição podem ser separados em abordagens direta e indireta (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS, 2000).

A avaliação direta consiste no monitoramento individual efetuado nos pontos de contato, empregando-se monitores pessoais para detecção do contato dérmico ou inalatório, o cálculo do consumo de alimento e a mensuração dos indicadores biológicos de exposição. A avaliação indireta consiste no monitoramento ambiental, com o uso de modelagens ou de questionários para estimar a exposição. De acordo com as diretrizes da OECD contidas no *Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application*, a exposição dos trabalhadores e as doses absorvidas podem ser mensuradas, diretamente, por meio da dosimetria passiva e pelo monitoramento biológico (OECD, 1997).

Segundo a WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO (1999) a dose potencial de contato pode ser quantificada, de uma maneira geral, através de medidas diretas ou indiretas, por um dos três procedimentos descritos a seguir: **1) Medida direta da dose potencial de contato** (barreira externa do organismo),

realizada enquanto ocorre a exposição. Pode ser realizada através de técnicas de monitoramento individual. **2) Medição da concentração do agente químico no meio onde ocorre o contato** (exposição), realizada através de mensurações ambientais em função do tempo de exposição. Estas mensurações se dão nos cenários de exposição e são conhecidas como medida indireta da exposição. **3) Estimativa de dose potencial de contato**, determinada pelos indicadores internos (biomarcadores de efeito e dose interna) após a exposição ter ocorrido. Esta medida indireta pode ser obtida através de estudos de biomonitoramento.

Esses três procedimentos de quantificação da exposição, ou da dose potencial, são independentes, uma vez que são baseados em diferentes dados/estudos. Esta independência possibilita checar a precisão da estimativa de um método através do outro, quando os dados o permitem (TREVISAN, 2002a).

### **2.10.1 Dosimetria Passiva**

Segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA), a dosimetria passiva pode ser definida como a “estimativa da quantidade de substância química encontrada na superfície da pele ou disponível para ser inalada mensurada através de equipamentos de coleta adequados” (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1996).

### **2.10.2. Exposição Dérmica**

As absorções orais e respiratórias são bem documentadas, enquanto que a falta de conhecimento reside na absorção dérmica. Até meados da década de 60 se acreditava que a pele era uma barreira eficiente para a maioria dos produtos químicos.

Van-Hemmem (2004) afirma que na vida diária nós nos acostumamos a usar medicamentos que agem sistematicamente por aplicação direta na pele e isto tem nos convencido que a pele não é só uma barreira mas também um portal de entrada.

Passou a haver um maior interesse por essa rota de contaminação, porque as exposições inalatórias diminuíram em função da melhoria das tecnologias e da redução dos limites de exposição, o que contribuiu para o aumento da exposição dérmica; há mais dados sobre exposição dérmica incluindo dados de capacidade de

proteção de luvas e roupas; houve avanços no monitoramento biológico, onde o mensuramento da exposição total ou interna foi facilitado (SARTORELLI, 2002). De acordo com Van-Wendel-De-Joode (2002) na última década do século XX a avaliação da exposição dérmica tem recebido mais atenção, o que é refletido pelos tópicos especiais em encontros, a concessão de verbas para pesquisa e artigos especiais em revistas científicas.

Atualmente no país, as informações técnicas e científicas fornecidas por empresas registrantes só permitem a avaliação toxicológica e a caracterização do risco para a saúde humana em relação à via de exposição oral. Ou seja, a caracterização do risco para a população em geral é estabelecida através da comparação da dose ou ingestão diária aceitável, determinada pelas informações toxicológicas do pesticida sob consideração, com a ingestão estimada de alimentos da cesta básica que contenham estes resíduos. Fica, desta maneira, sem ser predito o risco toxicológico ocupacional, pois a exposição do trabalhador que manuseia o pesticida não é abordada (TREVISAN, 2002a).

A exposição dérmica é quantificada pela dosimetria passiva, mensurando-se a quantidade de resíduos encontrados nas roupas protetoras que, podem ser denominadas de dosímetros (KOTAKA, 2005). Na década de 90 houve uma maior atenção em relação a importância da exposição dérmica a agentes químicos (SOUTAR, 2000). Segundo Sartorelli (2002) as atividades que mais apresentam risco para a pele são a agricultura, a indústria da borracha e produção de tintas.

Segundo a CNA (2006) a avaliação dérmica apresenta críticas e incertezas, dentre as quais podem ser destacadas:

- a)** O método de coleta de amostras, através de *pads*, pode subestimar ou superestimar a exposição real, uma vez que a extrapolação de valores encontrados em uma pequena área da pele não representa, necessariamente, o que ocorre de fato na área total;
- b)** O material utilizado nem sempre tem boa eficiência de coleta, principalmente para poeiras, além de poder conter resíduos que influenciam os resultados das análises;
- c)** A composição do material e o método de extração do contaminante podem deixar resíduos nos amostradores, reduzindo o valor encontrado na análise e, conseqüentemente, da exposição real;
- d)** Existem poucos resultados de pesquisas confiáveis sobre a absorção das substâncias através da pele, fato que leva alguns pesquisadores a recomendar que

o cálculo da exposição real seja feito considerando-se todo o valor encontrado sobre a pele, enquanto que outros propõem uma taxa fixa de apenas 10%. Segundo Sartorelli (2002) a substância é considerada passível de ser absorvida pela pele, quando existem estudos de campo, estudos em animais *in vivo*, estudos de penetração cutânea *in vitro* e em modelos teóricos. Segundo o mesmo autor, na década de 70 o valor de 10% foi assumido por agências reguladoras para estimar a exposição dérmica para produtos químicos quando dados de pesquisa não fossem disponíveis. Em 1983, a *Office of Pesticides Program's Scientific Advisory Panel* sugeriu, que se não houvesse literatura disponível, o valor de 100% (pior cenário possível) como porcentagem de absorção fosse assumido para a estimativa de exposição dérmica para produtos químicos nas avaliações de risco. Este impasse foi relatado por Fenske e Day Júnior (1993) que afirmam que dependendo da agência regulatória, o valor varia de 1 a 100%.

**e)** Não há limites de tolerância para exposição através da pele publicados pelos principais órgãos reguladores internacionais, obrigando a conversão dos valores encontrados em massa por área ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) ou massa por massa no tempo ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$ ) para concentração em massa por volume ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) para que possam ser comparados com aqueles publicados para exposição inalatória;

**f)** Amostragens utilizando substâncias mais estáveis no lugar do princípio ativo, para assegurar maior certeza, podem superestimar a exposição, uma vez que, se o princípio ativo do pesticida é tão volátil ou sofre degradação severa rápida, pode também ter o mesmo comportamento quando depositado na pele e não ser totalmente absorvido;

**g)** Métodos alternativos de coleta através de esfregaço e lavagem da pele com solventes ou detergentes sofrem as mesmas críticas, principalmente por não representarem bem a exposição total real, não serem um bom meio de extração, provocarem lesões na pele, além de poderem alterar a substância que está sendo avaliada, devido a ação dos solventes e/ou detergente;

**f)** Uso de roupas cobrindo todo o corpo como amostradores, apesar de ter melhor representatividade, resulta em grande dificuldade de manuseio, conservação e transporte das amostras, além de maior dificuldade e alto consumo de solventes para extração das substâncias para análise.

A medida direta da exposição no ponto de contato avalia a exposição no momento em que esta ocorre, mensurando a concentração da substância na

interface entre o indivíduo e o meio, em função do tempo, resultando em um perfil de exposição. A utilização deste dado na estimativa da exposição ou da dose potencial por períodos que diferem daquele no qual os dados foram coletados, por exemplo, a extrapolação de resultados de 1 dia de trabalho para 90 dias de trabalho, requererá a aceitação de algumas hipóteses, como a de que esta exposição será constante e uniforme (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1999).

#### **2.10.2.1. Método do Uso de Absorventes (*Patch Method*)**

Este método é aceito internacionalmente, sendo regulamentado por renomadas agências como a WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO e US/EPA (FENSKE; DAY JÚNIOR, 1993).

Neste método a contaminação potencial da pele ou da roupa do trabalhador é medida através do emprego de um número de absorventes aderidos às áreas do corpo (Figura 1), dentro e fora da roupa (DURHAM; WOLFE, 1962; ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1987). Estes absorventes são chamados de dosímetros, na dosimetria passiva agem como meio de coleta do pesticida. Apesar das limitações esse método é aceito (CURRY; IYENGAR, 1992).

Após um período medido da exposição, os absorventes são removidos, e é analisado o conteúdo do pesticidas (TREVISAN, 2002a). Este é considerado o método mais comum, onde 10 amostradores são colocados sobre a pele e/ou roupa em áreas definidas do corpo, como o peito, costas e membros superiores e inferiores (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1982).

Segundo a CNA (2006) *pads* são, almofadas confeccionadas em tecido natural, algodão e/ou gaze cirúrgica, com área aproximada de 33cm<sup>2</sup>, e quando colocados junto ao corpo da pessoa absorvem o produto aplicado podendo ser analisados posteriormente determinando-se as concentrações ou quantidades de ingrediente ativo em cada área e/ou no corpo todo. Segundo Trevisan (2002a) em vários estudos publicados, os absorventes utilizados representam em torno de 8% da superfície corpórea que é aproximadamente de 2m<sup>2</sup> (PANATIER et. al, 1978 citado por LIU; KIM, 2003).

Os resultados obtidos nos *pads* são extrapolados para a parte do corpo correspondente, conforme mostra a Tabela 1. O preceito é que os resíduos

depositados no absorvente ocorreram de modo uniforme em todo o segmento correspondente do corpo. As desvantagens do método do uso de absorventes são: a necessidade de realizar extrapolações; os resultados se apresentarem além ou aquém da exposição real, tendo em vista que os absorventes podem não capturar a substância de modo uniforme; e o fato dos absorventes serem colocados, comumente, nos pontos mais passíveis de ocorrer o contato, podendo levar a um resultado superestimado da exposição (CHESTER; 1996, STAMPER et al., 1989; MACHERA et al., 1998; FENSKE, 1990, FRANKLIN, 1981; POPENDORF et al., 1995).

**Tabela 1** - Áreas de superfícies das regiões de um corpo humano adulto e locais onde os *pads* devem ser colocados para mensurar a exposição dérmica.

Região do corpo	Área de superfície da região (cm <sup>2</sup> )	Local do <i>Pad</i>
Cabeça	1300*	Ombro, Costas, Tórax, cabeça
Face	650	Tórax superior, cabeça
Atrás do pescoço	110	Costas superior
Frente do pescoço + "V" do tórax	150	Tórax superior, cabeça
Tórax / Estômago	3550	Tórax
Costas	3550	Costas
Braços	2910	Ombro, braços
Antebraços	1210	Antebraços
Mãos	820	Luvas / Enxágue mãos
Coxas	3820	Coxas
Pernas	2380	Canelas
Pés	1310	Usar meias

\*área da superfície da cabeça inclui 650cm<sup>2</sup> da superfície da face

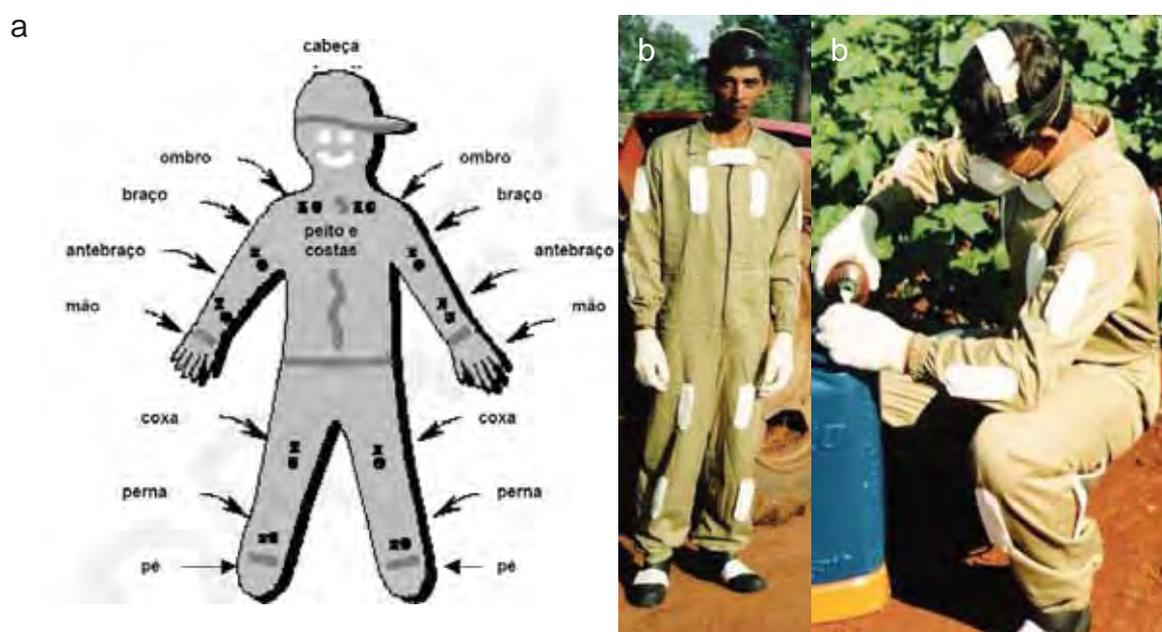
(ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1987).

Para Frenich et al. (2002) a impressão deriva do fato que é necessário assumir que a deposição do pesticida ocorre de forma uniforme no corpo. Kamanyire e Karalliedde (2004) citam que muitos pesquisadores acreditam que assumir que os amostradores irão capturar e reter o composto químico de maneira similar à pele ainda não foi validado para muitos compostos.

Para Trevisan (2002a) esta desvantagem pode ser minimizada com um maior número de absorventes sendo aderidos às diferentes partes da área representada. Posteriormente às análises laboratoriais para a quantificação, os resultados para

todas as áreas são somadas, obtendo-se a dose potencial de exposição, expressa em mg/h, mg/dia ou mg/kg de produto manuseado ou aplicado. É importante mensurar, além das áreas não cobertas, as deposições sobre as roupas, uma vez que vários tecidos absorventes podem reter e proporcionar a penetração de uma porção do pesticidas, favorecendo o contato com a pele do trabalhador. A mensuração da quantidade que penetra na roupa é realizada através da análise dos absorventes aderidos internamente a ela. Este método tem sido bastante utilizado pelo seu baixo custo, particularmente para comparar resultados entre estudos.

**Figura 1** - Locais de posição dos *Pads* no corpo do trabalhador.



(CNA 2006 (a), MACHADO NETO, 1997 (b))

### 2.10.2.2. Método do Corpo Total (*Whole Body Method*)

Este método procede à quantificação de resíduos de toda a roupa utilizada durante o trabalho de aplicação, manuseio ou carga da substância química, sendo considerado como a estimativa mais acurada do potencial de exposição dérmica (VIDAL et al., 2002; OECD, 1997). Segundo Chester (1993) o método do corpo total representa o tipo de vestimenta que o trabalhador estaria usando no ato do trabalho, sendo assim mais representativo na busca do conhecimento da exposição dérmica.

Segundo a CNA (2006) a roupa inteira sob roupas de trabalho tem sido testada e recomendada pela ONU. Segundo Fenske e Day Júnior (1993) uma

desvantagem do método é o potencial de penetração do resíduo através das vestimentas para a pele resultando em uma subestimação da exposição.

Uma alternativa à análise de toda a roupa é recortar e analisar pedaços do tecido das áreas representadas (pernas, braços, peito, costas etc.). Este método mostra a ocorrência real dos resíduos nas diferentes partes do corpo, sem a suposição de que a deposição do pesticida será uniforme. Além disso, não haverá necessidade de efetuar extrapolações de áreas-alvo pequenas para partes maiores. A principal vantagem deste método é a possibilidade de diferenciar a exposição ocorrida durante as atividades diárias e a relativa contribuição das vias de exposição dérmica ou inalatória (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1996). O uso deste método também evita a necessidade de extrapolação dos resultados de área restrita para o corpo todo e a suposição de que os resíduos se depositam de modo uniforme. Porém este método (artigos de vestuário) não possibilita a avaliação da cabeça, face e pescoço (FENSKE; DAY JÚNIOR, 2005).

Para a avaliação da exposição pelo método do corpo total (*whole body method*) podem-se utilizar macacões leves ou roupas similares como dosímetros, segundo a OMS (1982) e Abbott et al. (1987) citados por OECD (1997). A quantificação deve abranger tanto as áreas do corpo cobertas como as expostas, considerando que as roupas normais de trabalho, tais como as calças e as camisetas de algodão, são absorventes, podendo permitir que os pesticidas penetrem no organismo (OECD, 1997).

Segundo Fenske e Day Júnior (1993) não existem materiais padronizados para serem utilizados neste método. Estudos atuais tem usado materiais tecidos de algodão e algodão/poliéster. Segundo Krieger et al. (2000) as roupas de algodão no método do corpo inteiro retém resíduos químicos e pode ser efetivamente usada para predizer a exposição dérmica sob condições experimentais. Fenske e Day Júnior (1993) sugerem a utilização de Tyvek<sup>®</sup> que tem a vantagem de ser impermeável e não subestimar a exposição na pele do amostrador.

Este método pode ser aplicado em estudos de campo envolvendo a dosimetria e o monitoramento biológico. A exposição da pele sob a roupa pode ser estimada pela relação entre a penetração ou a transferência de pesticida da roupa externa para a interna (CHESTER, 1996; OECD, 1997).

As roupas utilizadas, devem ser confeccionadas com tecidos de algodão não-tratado, a fim de não interferir na análise dos resíduos. As roupas empregadas



podem levar a uma superestimação da exposição, pois retêm mais quantidade de pesticida do que a própria pele (DAVIS et al., 1983; CHESTER, 1996), entretanto outros não encontraram grandes diferenças entre o uso de luvas e o enxágue das mãos para mensurar a exposição das mãos (FENSKE et al., 1989). Quando são usadas luvas protetoras, as luvas de amostragem devem ser usadas por baixo. Em ensaios onde se busca a transferência de resíduos deslocáveis pode se usar luvas de algodão (RAMWELL et al. 2005; RAMWELL et al. 2006).

### **2.10.3. Tempo de Duração da Amostragem**

Muitos estudos de exposição incluídos em bancos de dados genéricos são de curta duração. Por exemplo, o guia da US/EPA de 1987 requer que o tempo da amostra deva ser suficiente para que se possa analisar os níveis de resíduo, resultando em amostragens de 10 a 20 minutos (FENSKE; DAY JÚNIOR, 1993). Guias mais recentes dão ênfase na necessidade de aumentar os períodos de amostragens (CHESTER, 1995; OECD, 1997).

### **2.10.4. Cálculos de Segurança do Trabalho com Pesticidas**

A segurança no trabalho é um conjunto de medidas e ações aplicadas para prevenir acidentes, ou risco, nas atividades das empresas (ZOCCHIO, 1992, citado por MACHADO NETO, 1997). A segurança ao contrário do risco é representada pela probabilidade de não ocorrência de lesões pela exposição ocupacional em condições específicas. No trabalho, com um produto tóxico em uma condição com pequena exposição, o risco de intoxicação pode ser menor em relação à outra condição com alta exposição a um produto pouco tóxico (BONSALL, 1985).

Segundo a CNA (2006) a primeira indicação de um órgão de referência mundial sobre a determinação da dose tóxica para pesticidas foi publicada no protocolo da Organização Mundial de Saúde em 1975 (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1975) que na verdade era uma adaptação dos estudos de Durhan e Wolfe de 1962, pesquisadores do Serviço Público de Saúde Americano, pioneiros neste tipo de estudos, juntamente com Batchelor e Walker em 1954 (FENSKE; DAY JÚNIOR, 1993). O protocolo de 1975 da Organização Mundial de Saúde foi revisado em 1982 (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1982) e

manteve basicamente as mesmas regras, ampliando a metodologia de monitoramento da exposição dérmica para uma série de substâncias. Neste novo protocolo no item 5.4, está estabelecido que: *“uma vez que a rota de absorção respiratória não é significativa na maioria dos padrões sobre aplicação de pesticidas, a quantificação da exposição respiratória não é necessária”*. Isto é baseado no fato que a exposição respiratória normalmente não excede 1% da exposição dérmica, exceto para os casos de fumigantes gasosos aplicados em locais confinados. Turnbull et al. (1985), Al-Saleh (1994) e Fenske e Day (1993) afirmam que a contaminação da pele é habitualmente muito maior que a contaminação respiratória. Machera et al. (2003) ao estudarem o potencial de contaminação dérmica e respiratória do uso de malation em tomates cultivados em estufa, com a aplicação sendo feita por pulverizador costal manual observou que exposição respiratória foi de 0,03%, quando comparada a dérmica.

Nilsson et al. (1996) estudaram as concentrações no ar em estufas de dois fungicidas (vinclozolin e triadimefon) e relataram que a concentração no ar cai rapidamente após a pulverização. Porém os resíduos nas superfícies das folhas permaneceram por um longo tempo, sendo que 7 dias após a aplicação ainda existia 50% do valor primário encontrado.

Segundo Daldin e Santiago (2003) o potencial de intoxicação pela via dérmica é 49,9 vezes maior que pela via respiratória durante a pulverização. Tapir (1998) afirma que a intoxicação respiratória geralmente ocorre devido à exposição prolongada em estufas e em locais de armazenamento mal ventilados e em situações similares.

### 2.10.4.1. Margem de Segurança

Para classificar a segurança das condições de trabalho com pesticidas, em segura ou insegura, estima-se a margem de segurança (MS) com a seguinte fórmula, proposta por Severn (1984) utilizada por Machado Neto (1997):

$$MS = \frac{NOEL \times 70}{QAE \times 10}$$

Onde:

- NOEL é o valor baseado na quantidade de ingrediente ativo da substância que, após repetido contato com animais de estudo, não produz efeitos adversos observáveis. Este valor é expresso em miligramas do ingrediente ativo por quilo de peso por dia (mg/kg/dia) e é denominado em inglês, de “NOEL”, “NAEL” ou “NOAEL”, o que significa, respectivamente: “*No-Observed Effect Level*”; “*No-Adverse Effect Level*”; “*No-Observed Adverse Effect Level*”. Em tradução livre, estes termos significam: “Nível de exposição onde não são observados efeitos adversos à saúde”. Por ser o mais comum, o termo normalmente utilizado é o “NOEL” (CNA, 2006).
- o número 70 multiplicando o valor do NOEL representa o peso corpóreo médio (kg) do trabalhador exposto ao produto.
- o QAE (quantidade absorvível da exposição) expressa em mg/dia, utilizada na fórmula é calculada através das exposições que ocorrem nas vias dérmica e respiratória. Na via dérmica, se não há disponibilidade do valor de absorção dérmica de determinado produto, a quantidade absorvível pode ser considerada como 10% da exposição dérmica avaliada (SMITH, 1984). Na via respiratória, considera-se que a quantidade absorvível é de 100% da exposição respiratória avaliada, pois a absorção do pesticida que chega aos pulmões é rápida e completa (DURHAM; WOLFE, 1962). Porém, se a exposição respiratória não foi avaliada, a quantidade absorvível na via respiratória pode ser substituída por 1% da exposição dérmica avaliada.

Assim, a quantidade absorvível da exposição (QAE) nas vias dérmica e respiratória pode ser estimada como:

$$QAE = 0,11 \times \text{Exposição dérmica}$$

A margem de segurança, também pode ser calculada utilizando um fator de segurança (FS) multiplicando a quantidade absorvível, para compensar a extrapolação dos dados toxicológicos obtidos em animais de laboratório (NOEL) para o homem. Os valores de FS encontrados na literatura são 10, 25 e 100 (FRANKLIN et al., 1982; KIECKZA, 1993; BROUWER et al., 1990, citados por MACHADO NETO, 1997).

Com estas substituições a MS pode ser estimada com a seguinte fórmula:

$$MS = \frac{NOEL \times 70}{0,11 \times ED \times FS}$$

O critério utilizado para a classificação da segurança das condições de trabalho em função do valor de MS é o seguinte:

- Se  $MS \geq 1$  a condição de trabalho pode ser considerada segura, isto é, a exposição é tolerável e o risco aceitável;
- Se  $MS \leq 1$  a condição de trabalho pode ser considerada insegura, a exposição intolerável e o risco inaceitável.

#### 2.10.4.2. Tempo de Trabalho Seguro

A partir do início da exposição até o trabalhador ficar exposto à dosagem equivalente ao limite de tolerância de exposição há um intervalo de tempo que pode ser denominado de tempo de trabalho seguro (TTS). A limitação do tempo de trabalho ao TTS constitui-se em medida de segurança coletiva que pode ser aplicada a qualquer condição de trabalho (MACHADO NETO, 1997).

O TTS é calculado da seguinte forma:

$$TTS = MS \times tee$$

Onde:

- tee é o tempo de exposição efetiva em horas;
- TTS é o tempo de trabalho seguro, expresso em horas de exposição segura (h), para aplicadores de pesticidas.

## 2.11. Avaliação da Exposição Após a Aplicação de Pesticidas

A exposição dérmica é determinada em função das tarefas que os trabalhadores executam. Muitos estudos mostram que as exposições variam com a tarefa realizada. As diferenças entre as tarefas torna a avaliação da exposição dérmica difícil em função do multi-cenário possível (MARQUART et al., 2003). Essa dificuldade na condução de estudos de intervalo de reentrada foi citada por Knaak et al. (1980) e Ware et al. (1973).

Trabalhos pioneiros que buscaram identificar o risco de intoxicação durante a reentrada em áreas pulverizadas foram citados por Guthrie et al. (1992). Segundo estes autores na Costa Oeste Americana, trabalhos em pomares foram desenvolvidos por (QUINBY; LEMMON, 1958; ARTERBERRY et al. 1961; DURHAM ; WOLFE, 1962; MILBY et al., 1964; BAILY et al., 1972; WOLFE et al., 1974). Na cultura do algodão, os primeiros trabalhos norte-americanos foram com (QUINBY et al. 1958; NEMEC et al. 1968; EL-RAFAI et al., 1971; SMITH; WISEMAN, 1971; WARE et al., 1973) e na cultura do tabaco (LIEBEN; WALKER, 1953; SCHAEFER; VANCE, 1953; GUTHRIE et al. 1972).

Em função da exigência do Departamento de Agricultura da Califórnia para determinar o intervalo de reentrada em pomares e vinhedos do Estado, Knaak (1978) citado por Knaak et al. (1980) propôs que níveis seguros de pesticidas, em  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  nas superfícies das folhas, fossem estabelecidos, para permitir que produtores e agências governamentais determinassem o período seguro de reentrada nos pomares e vinhedos.

Knaak et al. (1980) conduziram ensaios em laboratório com ratos, para determinar os níveis seguros de organofosforados em folhas. Os estudos avaliaram as curvas de resposta da interação colinesterase x exposição dérmica para determinar o nível seguro de resíduos nas folhas das plantas. Os autores argumentam que em função de questões éticas e um número limitado de pesquisadores conduzindo estudos de reentrada sugerem uma nova abordagem para determinar intervalos de reentrada. Salientam que o desenvolvimento de níveis seguros de resíduos em folhagens usando dados de dose-resposta dérmica em ratos, estendem o conhecimento obtido com os limitados trabalhos de campo existentes, podendo ser aproveitados para outras situações em campo.

Guthrie et al. (1992) afirmam que este tipo de teste resulta em informações preliminares para uma aproximação inicial do intervalo de reentrada sem envolver humanos. Segundo os autores envolver humanos em estudos de reentrada apresenta complicações inerentes, como a obtenção do consentimento do voluntário, a necessidade de supervisão médica, propaganda adversa contra este tipo de pesquisa e questões éticas. Conseqüentemente a análise do risco se reserva a episódios mais críticos de exposição na reentrada, como os colhedores de laranjas na Califórnia, de maçãs em Washington e os amostradores na cultura do algodoeiro. Estudos com ratos em laboratório não simulam de forma direta o trabalho vivo em ato, mas oferecem possibilidades adicionais de exposição que podem não ocorrer em estudos de campo.

De acordo com Trevisan (2002a) os fatores que influem na exposição do trabalhador que participa da colheita, ou que adentra pela cultura após a aplicação do pesticida, são: o tipo de cultura, o tipo de atividade, o grau de contato, os resíduos e as quantidades (declínio, degradação), a habilidade do resíduo em se deslocar. Ware et al. (1973) ainda citam fatores como frequência e dosagem do pesticida, condições climáticas, penetração na pele do resíduo e a proteção das roupas e proteção respiratória. Bailey (1972) citado por Ware et al. (1973) sugere que a combinação do uso de pesticidas também seja levada em consideração como critério para estabelecer intervalos de reentrada.

O cálculo da estimativa do nível de exposição média diária é realizado apenas para a exposição pela via dérmica, uma vez que o pesticida já foi aplicado e o contato é com o residual encontrado na planta ou no solo. Desta forma, são considerados para o cálculo da estimativa da exposição: o fator de transferência, a quantidade de resíduo do pesticida e a duração da exposição. O fator de transferência é derivado de estudos de monitoramento com trabalhadores envolvidos em atividades pós-aplicação, podendo também ser obtido de dados genéricos, quando disponíveis. A quantidade de resíduo nas plantas é obtida nos estudos disponíveis sobre resíduos ou é estimada. O fator de transferência é baseado na atividade do trabalhador e não é específico da substância química, enquanto que a quantidade de resíduo é específico da substância química, por exemplo, dependente da degradação ou da dissipação da mesma no meio. A duração da exposição é o período de tempo em que uma pessoa está comprometida com uma atividade que envolve o contato com o pesticida (TREVISAN, 2002a).

Kissel e Fenske (2000) relataram que o manual de avaliação de exposição após aplicação de pesticidas foi originalmente descrito em 1984 pelo EPA. O sucessor deste documento é a série 875, grupo B do EPA denominada *Postapplication Exposure Monitoring Test Guidelines* ou “Guia de teste para monitoramento de exposição pós-aplicação”. A regulação desse protocolo se baseia em dados de resíduos foliares deslocáveis, coeficientes de transferência da folhagem para a pele do homem, e duração da atividade para estimar a exposição, assim as causas da absorção dérmica tem sido usadas para estimar o resíduo ocupacional. Entretanto, os experimentos que proporcionaram os fatores de absorção são derivados de exposições constantes ou quase constantes que nem sempre assumem as verdadeiras condições de trabalho no campo, podendo levar a interpretações inconsistentes e questionamentos nos resíduos estimados.

A avaliação da exposição e do risco do trabalhador na reentrada em área tratada não está incluída na harmonização proposta pela OECD, pois ainda são poucos os estudos de quantificação desta exposição e muitos se encontram em processo de validação (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1996; OECD, 1997). Curry e Iyengar (1992) alertam para a necessidade de se determinar a exposição de pesticidas durante a reentrada em áreas tratadas para desenvolver diretrizes para estudos posteriores.

Um grupo de estudos foi formado nos E.U.A, conhecido como *Agricultural reentry task force* (ARTF), para o desenvolvimento de um banco de dados genéricos, que possua dados de fatores de transferências para atividades diversificadas, para ser utilizado na avaliação da exposição de trabalhadores quando da reentrada nas áreas tratadas por pesticidas. Estes estudos estão sendo conduzidos com base nos protocolos de estudos elaborados para quantificação da exposição dérmica e inalatória, de forma conjunta com a amostragem do deslocamento de resíduo foliar (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1996; ARTF, 2000).

Os fatores que afetam a exposição como já visto são o tipo de cultura, a taxa de trabalho de colhedores (relacionado a quantidade de contato com a planta), método de trabalho, dose aplicada e condições climáticas (NIGG; STAMPER, 1989; HEMMEN, 1993).

Nigg et al. (1979) estudaram resíduos de paration na superfície de folhas, frutos e solo, e no ar em laranja na Flórida. Os autores sugerem que as superfícies de folhas e solo podem ser suficientes para avaliar níveis de resíduos de pesticidas

para proteção de trabalhadores, em condições de reentrada na cultura da laranja. Segundo Nigg et al. (1984) as partículas aderidas na folha tem sido críticas para o transporte do pesticida da superfície foliar para o trabalhador, e destacam que diferenças no ambiente podem diferir regionalmente a exposição do trabalhador no campo.

De acordo com Brouwer et al. (1992) a exposição dérmica durante a colheita de cravos depende da quantidade de pesticida presente na parte externa das folhas (resíduo deslocável), e que mais de 65% da variação da exposição dérmica pode ser atribuída a esses resíduos. Esses autores relatam que não há influência em relação ao tipo de pesticida e método de aplicação.

Um grupo de colhedores de morango foi monitorado por Zweig et al. (1985) para exposição dérmica a carbaril e níveis de resíduos foliares deslocáveis. Os autores relataram que o principal local de exposição são as mãos e os braços. Evaristo (1994) estudou o comportamento de resíduos deslocáveis de metamidofós em folhas, frutos e solo em cultura estaqueada de tomate, concluindo que os resíduos nos solos são mais persistentes que nas folhas e que os resíduos deslocáveis tem degradação muito rápida.

Ware et al. (1974) citam que o trabalho de Ware et al. (1973) foi útil para mostrar o possível potencial de contaminação do organofosforado paration nas roupas e pele do amostrador de pragas americano. O estudo se baseou na exposição humana durante 30 minutos aos 0, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do inseticida, sendo os dados extrapolados para um dia de trabalho. Como a cultura do algodoeiro no EUA na década de 70 diminuía o uso do DDT e aumentava o uso de paration e havia a expansão dos programas de Manejo Integrado de Pragas na cultura, envolvendo o aumento do uso de amostradores de pragas e em função da conhecida carência de estudos sobre o assunto, estes autores, fizeram um novo experimento. Usando voluntários que realizaram o monitoramento durante 5 horas seguidas após 24h da pulverização com 3 inseticidas organofosforados. Além da análise das roupas também foi realizado o biomonitoramento. Todas as reentradas foram completadas sem sintomas ou indicações de intoxicação pelos organofosforados. Apesar do organofosforado monocrotofós ter produzido uma queda nos valores de colinesterase nos glóbulos vermelhos, os valores ainda se encontravam dentro da normalidade.

Ware et al. (1975) em experimento semelhante ao anterior avaliaram a exposição ocupacional de cinco voluntários que entraram em áreas pulverizadas com paration e monocrotofós durante 5h, aos 12h, 24 e 48h e 72h respectivamente. Os autores relataram que os resíduos foliares de paration desapareceram rapidamente, ao contrário do monocrotofós. A exposição ocupacional aos pesticidas avaliou a contaminação da pele, roupas, ar do ambiente, enquanto que a absorção dos pesticidas foi avaliada pela sua concentração no sangue, excreção de metabólitos pela urina, e efeito nas atividades da colinesterase no sangue. Foi encontrando uma correspondência entre as magnitudes dos resíduos foliares, estimativas de contaminação ocupacional e absorção pelo corpo dos pesticidas. As exposições de campo não causaram sintomas clínicos de intoxicação por organofosforados e a depressão das atividades da colinesterase no sangue não diminuiu mais do que 14% quando comparados aos níveis pré-reentrada. Os autores concluem também que a exposição respiratória não é uma rota significativa de absorção, em ensaios de reentrada em campo em função das quantias muito pequenas de pesticidas presentes no ar, sendo a exposição dérmica a principal rota de absorção dos inseticidas nesta situação de trabalho.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A parte de campo da pesquisa foi desenvolvida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS (S 20° 20' 39,43" W 51° 24' 16,02", elevação de 353m). As análises cromatográficas das amostras de campo, bem como os testes preliminares para validação do método analítico, através de fortificações e recuperação, foram realizadas no Laboratório de Resíduos de Pesticidas, do Departamento de Entomologia e Acarologia, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP.

#### 3.1. Ensaio de Campo

Em setembro de 2006 foi instalada, em área irrigável, uma lavoura de algodoeiro da cultivar Delta Opal, semeada em espaçamento de 0,9m e com densidade de 12 plantas/metro. A cultura foi desenvolvida conforme padrões de tecnologia adotados na região de Cerrado, e com uso de pesticidas de grupos químicos diferentes dos utilizados no ensaio (ciclodieno, carbamato e organofosforado), quando a intervenção fitossanitária na lavoura foi necessária. Aos 105 dias de idade, a área plantada foi dividida com estacas de madeira em 4 subáreas de 40m de comprimento por 9m de largura, totalizando 360 m<sup>2</sup>, sendo estabelecida uma bordadura de 10m entre os tratamentos, a fim de evitar contaminações por deriva durante a aplicação. Cada subárea foi destinada a um tratamento (Figura 3). As plantas de algodoeiro estavam com altura média de 1,50m, com os ramos fechando as entrelinhas, e maçãs verdes. Segundo a escala proposta por Marur e Ruano (2004) a cultura estava no momento fenológico FC (sem flor e sem capulho). Os tratamentos constaram da pulverização de formulações comerciais de diferentes grupos químicos legalmente registradas para a cultura (Tabela 2). O equipamento utilizado foi um pulverizador costal propelido por CO<sub>2</sub> dotado de uma barra com 6 pontas de jato cônico TXVK-8, com volume de calda de 250 L/ha. O equipamento de uso experimental simulou a aplicação tratorizada com pulverizador de barra.

**Figura 3** - Área delimitada por estacas utilizada em um dos tratamentos.



Rotundo (2007)

**Tabela 2** - Tratamentos, doses utilizadas no ensaio de campo e intervalo de reentrada estabelecido em bula.

TRATAMENTOS		Doses		Intervalo de reentrada
Nome comum	Nome comercial	g i.a./ha	ml p.c./ha	
1. Metamidofós	Tamaron 600 BR	900	1500	48 h
2. Carbosulfan	Marshal 200 SC	120	600	24 h
3. Endosulfan	Thiodan 350 CE	700	2000	24 h
4. Testemunha	-	--	--	--

Brasil (2010)

As aplicações iniciaram-se por volta das 12h do dia 10 de janeiro de 2007, com temperatura do ar de 30°C, umidade relativa de 68%, velocidade máxima do vento de 3km/h e nebulosidade parcial. O horário de início foi definido em função da grande quantidade de orvalho presentes nas folhas no período da manhã, o que poderia comprometer a dosagem dos pesticidas pela diluição do produto nas folhas

e umedecer em excesso as vestimentas amostradoras, diminuindo a eficiência do método.

### 3.1.1. Avaliação da Exposição na Reentrada da Área Pulverizada

O monitoramento da exposição dérmica, na reentrada, após a pulverização, adotou como abordagem direta a dosimetria pelo Método do Corpo Total (*Whole Body Method*) usando camisa de manga longa e calça como vestimentas amostradoras para quantificação dos resíduos dos pesticidas. A exposição das mãos foi quantificada, pelo método de luvas absorventes (MACHADO NETO, 1997) confeccionadas em algodão cru e calçadas sobre luvas protetoras de borracha nitrilica. Toda a roupa e luvas (Figura 4) usadas em cada amostragem, serviram como vestimentas amostradoras para a quantificação da exposição dérmica dos amostradores aos resíduos deslocáveis das plantas para a roupa dos amostradores (KOTAKA, 2005; WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO, 1982; CHESTER 1993; MACHERA, 2003). O material das vestimentas amostradoras (algodão-cru) foi pré-lavado em máquina de lavar convencional sem detergente (MACHERA, 2003).

**Figura 4** - Amostradores vestidos com as vestimentas amostradoras (a) e amostrador de pragas simulando amostragem (b).



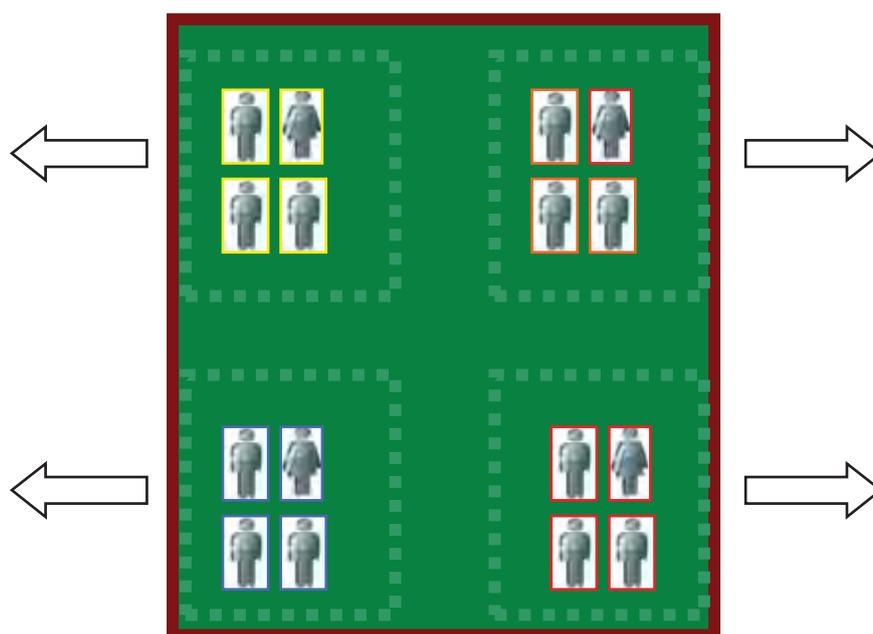
Rotundo (2007)

Os dados fornecidos pelo laboratório em  $\text{mg}/\text{cm}^2$  provenientes da média de cada parte recortada em campo (4 repetições), foram usados para a correlação da

exposição dérmica do amostrador de pragas, considerando a área de cada parte do corpo em função da literatura e da jornada de trabalho considerada como 8h. Apesar do experimento não ter sido realizado com *pads* e sim analisando toda a vestimenta amostradora em partes recortadas, se optou pela correlação dos dados, semelhante aos ensaios com *pads* devido à área total da vestimenta amostradora (~2,3m<sup>2</sup>) que não considerou pés e cabeça, ter ultrapassado a área corpórea total do ser humano, que é de aproximadamente 2m<sup>2</sup> (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA), 1987). As vestimentas amostradoras possuíam maior área em relação a área média considerada para o ser humano, para possibilitar o vestimento e também para atender aos diferentes biótipos físicos das equipes de amostragens.

Após 3 minutos das aplicações 4 equipes formadas por 4 pessoas (repetições) vestiram um conjunto de vestimentas amostradoras, e entraram nas áreas tratadas e no tratamento testemunha, permanecendo nas mesmas por 30 minutos exatos (tempo controlado por um coordenador em campo), caminhando e abrindo brácteas dos botões florais, observando as folhas do terço superior e capulhos na parte mediana/inferior das plantas de forma aleatória, simulando uma amostragem (Figura 4) das principais pragas do algodão neste estágio fenológico. As entradas e saídas das áreas pulverizadas foram sempre realizadas pelas bordaduras da área, a fim de evitar o trânsito de amostradores em área não tratada que poderia influenciar na estimativa da exposição (Figura 5).

**Figura 5** - Esquema da reentrada dos amostradores na área pulverizada.



Rotundo (2007)

Após o término de cada amostragem, as vestimentas amostradoras foram seccionadas no próprio campo, obedecendo ao esquema pré-estabelecido na Figura 8. Os amostradores caminharam para uma área próxima à lavoura que teve o solo coberto por uma lona plástica, onde retiravam os calçados cuidadosamente e, com a ajuda de outra pessoa que usava luvas descartáveis de látex, retiravam as roupas e luvas. Após a retirada, as vestimentas amostradoras foram colocadas sobre mesas portáteis cobertas por plástico de origem não reciclada, recortadas, embaladas e etiquetadas. Os plásticos que cobriam as mesas foram trocados a cada reentrada (Figura 6).

**Figura 6** - Equipe de amostradores vestindo as vestimentas amostradoras e pessoal de apoio.



Rotundo (2007)

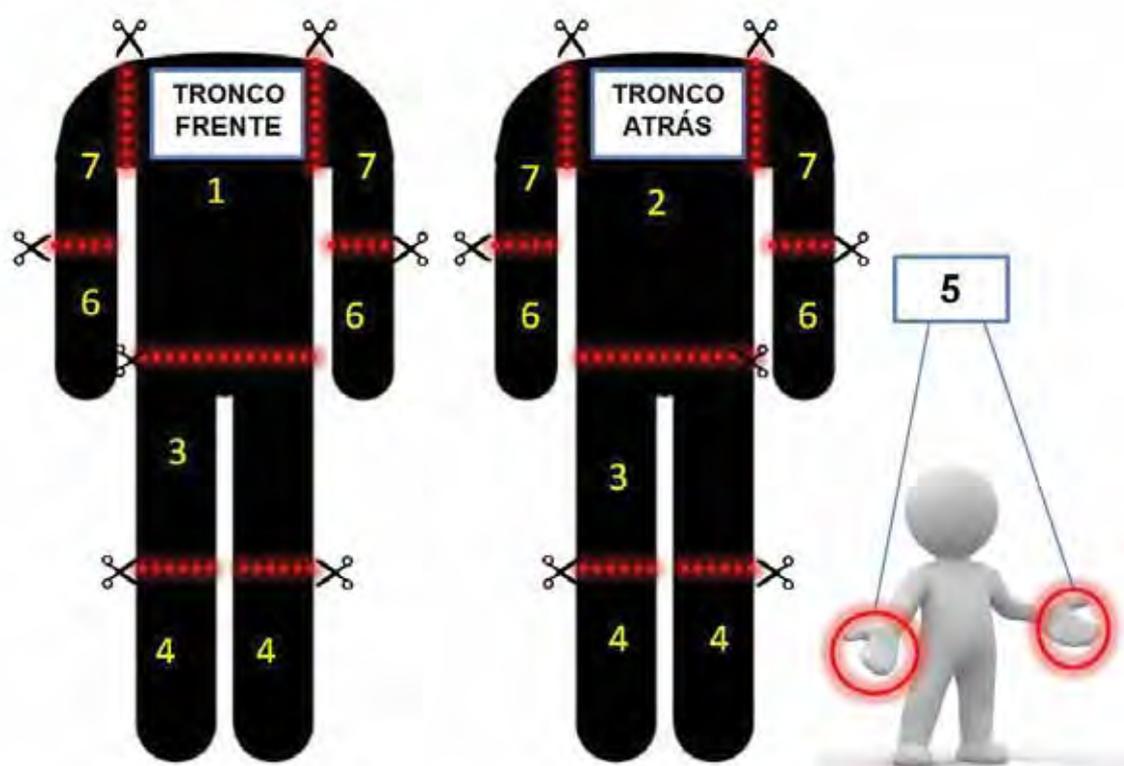
**Figura 7** - Parte da equipe de amostradores e pessoal de apoio aguardando pulverização.



Rotundo (2007)

As partes seccionadas foram acondicionadas em separado em sacos plásticos de polietileno não reciclado e identificadas. As amostras foram armazenadas sob refrigeração a -18°C imediatamente após finalizado o processo de campo.

**Figura 8** - Esquema dos locais da roupa que foram seccionadas e analisadas: 1-Tronco/Frente; 2-Tronco/atrás; 3-Coxas frente/atrás + glúteos; 4-pernas frente/atrás; 5-luvas; 6-antebraços frente/atrás; 7-Braços frente/atrás.



Rotundo (2007)

O mesmo procedimento foi repetido com novas vestimentas amostradoras à 1h, 5h, 24h (1 dia), 72h (3 dias) e 168h (7 dias) após a aplicação. No momento do envio ao Laboratório as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor contendo gelo seco e transportadas por Rodovia ao Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas da ESALQ/USP em Piracicaba/SP, no final de Janeiro de 2007.

A fim de respeitar o intervalo de reentrada estabelecido pelo Ministério da Saúde para os inseticidas Thiodan 350 CE e Marshal 200 SC (24h) e Tamaron 600 BR (48h) (BAYERCROPSCIENCE, 2010), todos os amostradores usaram por baixo das vestimentas amostradoras (camisa, calça e luvas) um equipamento de proteção individual (EPI), constituído de calça, camisa, balaclava (boné árabe), máscara,

luvas de látex com tratamento a base de nitrila, máscara e botas de PVC, nas reentradas que estavam dentro do período compreendido como necessário o uso do equipamento. O EPI possuía certificado de aprovação (C.A) pelo Ministério do Trabalho.

Para estas operações foi necessário grande número de pessoas e veículos de apoio, além dos amostradores e da equipe de aplicação, superando sempre mais de 20 pessoas durante as reentradas (Figura 7). Foram utilizados 96 conjuntos de vestimentas amostradoras (calça, camisa e luvas), o que resultou em 672 amostras laboratoriais. Confirma-se aqui a literatura, que cita que o método resulta em grande dificuldade de manuseio, conservação e transporte de amostras, além de maior dificuldade e alto consumo de solventes para extração dos pesticidas.

### **3.2. Análise dos Resíduos em Laboratório**

O método analítico foi adaptado de literatura internacional. O Laboratório de análise de Pesticidas da ESALQ/USP atende à legislação brasileira para a realização de estudos de resíduos de pesticidas e está acreditado por Órgãos oficiais de acreditação, segundo as Boas Práticas de Laboratório (BPL).

#### **3.2.1. Método de Análise dos Pesticidas em Tecidos Confeccionados com Fibra Vegetal**

##### **3.2.1.1. Preparação das Soluções Padrão:**

Inicialmente foi preparada solução estoque dos pesticidas (metamidofós, carbosulfan e endosulfan) em acetona. Para tanto, os padrões analíticos dos pesticidas foram solubilizados no referido solvente, de modo a fornecer as concentrações exatas de  $1 \text{ mg.mL}^{-1}$  (sobrescrito) (solução estoque). As soluções de trabalho para estudos de fortificação e injeções em cromatógrafo equipado com detector de captura de elétrons (GC/ECD) (endosulfan) e em cromatógrafo equipado com detector seletivo de massas (GC/MS) (metamidofós e carbosulfan) foram preparados a partir das soluções estoques com diluições feitas em ciclohexano / acetato de etila (1:1).

### 3.2.1.2. Validação do Método Analítico

Para os estudos de fortificação/recuperação (validação do método) as amostras (resíduos presentes em tecido de algodão cru) foram fortificadas, juntandose 1 mL das soluções de concentrações apropriadas, obtidas por diluições sucessivas em ciclohexa/acetato de etila, a partir de solução estoque, onde partes de tecido de algodão cru foram fortificados a fim de se obter concentrações de 1,6 e 16  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  com 5 e 4 repetições, respectivamente.

### 3.2.1.3. Procedimento Analítico:

O método analítico, adaptado de Nilsson e Papantoni (1996), consiste na extração dos resíduos dos pesticidas (metamidofós, carbosulfan e endosulfan) com acetato de etila; a limpeza do extrato foi feita por cromatografia de permeação em gel (GPC), sendo a eluição procedida com uma mistura de ciclohexano + acetato de etila. A determinação quantitativa foi feita por técnica de cromatografia em fase gasosa, usando-se GC/ECD para endosulfan e GC/MS para metamidofós e carbosulfan.

### 3.2.1.4. Aparelhos e Equipamentos:

- cromatógrafo de gás, marca HP, modelo 6890, equipado com detector de captura de elétrons e sistema de injeção automático;
- cromatógrafo de gás, marca Agilent, modelo 6890, equipado com detector seletivo de massas e sistema de injeção automático;
- chemstation, marca HP, modelo Kayak XA, software G2070AA;
- coluna cromatográfica megabore, HP-5MS, 30 cm de comprimento, diâmetro de 0,25 mm e 0,25  $\mu\text{m}$  espessura do filme;
- evaporador TurboVap LV, Zymark, modelo LV;
- colunas (duas, ligadas em série) PLGel, para cromatografia de permeação em gel, 300 x 7,5 mm  $\phi$ ;
- coletor de frações, Gilson, modelo 215 para cromatografia de permeação em gel;
- centrífuga, marca Revan, modelo Ciclo C-I;

- agitador/homogeneizador Minishaker, modelo MS1;
- balança analítica, marca Mettler, modelo H10;
- balança analítica, marca Sartorius, modelo Basic;
- dispenser EM, marca Hirschmann 5-30;
- pipetador de graduação regulável Pipetman, marca Gilson P de 10 mL;
- ultra-som, marca Mini-som.
- Evaporador TurboVp II
- Bomba pneumática

#### **3.2.1.5. Solventes e Reagentes:**

- acetato de etila, for chromatography, Merck;
- ciclohexano, for chromatography, Merck;
- acetona, P.A.- A.C.S., Merck, destilada em destilador de vidro;
- sílica-gel, dessecante azul;
- Celite 545
- padrões analíticos de endosulfan, carbosulfan e metamidofós;

#### **3.2.1.6. Vidrarias e outros materiais:**

- micro-seringa, 10  $\mu$ l, Hamilton;
- frascos de vidro com tampa rosqueável de 1000 mL;
- manifold, 6 bicos;
- provetas graduadas, 25, 50 e 100 mL;
- pipetas graduadas, 1, 5 e 10 mL;
- erlenmeyers, 250 mL, Corning/Pyrex 5020;
- beakers, 150 mL, Corning/Pyrex 1000;
- tubos de centrífuga, graduado, 15 mL, Corning/Pyrex 8080;
- tubos de centrífuga, polipropileno, 50 mL, Corning 25330-50;
- seringas hipodérmicas plásticas, 5 mL, B-D;
- filtros de membrana Millipore 0,20 $\mu$  (Millex FG)
- vials, vidro, 1,5 mL, próprios para uso no carroussel do injetor automático;
- filtro de sílica-gel;

- espátulas.
- papel de filtro
- kitasato
- tubo 300 mL
- funis de Büchner

### **3.2.1.7. Marcha analítica**

#### **A. Extração:**

- A.01. Colocar a parte da roupa a ser analisada em um frasco de 1000 mL, adicionar 500 mL de acetato de etila, agitar em mesa agitadora por 1 hora e em seguida em banho ultra-sônico por mais 1 hora.
- A.02. Adicionar 5 g de Celite 545 ao tubo, agitar com um bastão de vidro e filtrar em funil de Büchner, forrado ao fundo com papel de filtro, para um kitazato, com auxílio de vácuo.
- A.03. Retirar alíquota de 250 mL e transferir para um tubo de 300 mL.

#### **B. Limpeza**

- B.01. Evaporar/concentrar, em aparelho Turbo Vap-II em banho a 40°C, até secar;
- B.02. Ressuspender o extrato com 4 mL de uma mistura de acetato de etila + ciclohexano (1/1,v/v), lavar muito bem as paredes internas do tubo; agitar em Minishaker por cerca de 1 minuto e deixar em ultra-som por 1 minuto;
- B.03. Filtrar o extrato em membrana Millipore com auxílio de uma seringa hipodérmica de 5 mL, transferir o extrato para vials próprios de uso no injetor/coletor de frações automático Gilson, ajustado para injeção de exatos 500 µL;
- B.04. Operar o equipamento com fase móvel de mistura de ciclohexano + acetato de etila (1/1, v/v), com fluxo de 1 mL/min, descartar os eluatos durante os primeiros 13,5 minutos e coletar a fração em eluição nos 2,5 minutos subsequentes, em tubo de centrífuga de 15 mL.

#### **C. Determinação quantitativa:**

- C.01. Evaporar o extrato contido no tubo de centrífuga em TurboVap LV sob leve corrente de N<sub>2</sub> a 40 °C, até secar.
- C.02. Ressuspender os resíduos provenientes de C.01, em 0,5 mL de ciclohexano + acetato de etila (1/1, v/v) e deixar em ultra-som por 1 minuto.

C.03. Transferir para vials próprios para uso no injetor automático. Injetar alíquotas no cromatógrafo, em programação de temperatura, modo “*splitless*”.

### 3.3. Cálculos de Segurança

Na Tabela 3 estão apresentados os valores da DL<sub>50</sub> dérmica e o NOEL dérmico e oral para ratos. Os fatores de segurança utilizados em algumas fórmulas variam de acordo com a literatura. Segundo Machado Neto (1997), autores americanos utilizam um fator de segurança 100, sendo 10, devido à sensibilidade intraespecífica, multiplicado por 10, devido à incerteza interespecífica. Ainda segundo o autor, na Europa, o alemão Kieczka (1993) utiliza fator 25 e os holandeses Brouwer et al. (1992) e Van Hemmen et al. (2004), o fator 10.

**Tabela 3** - Propriedades toxicológicas dos pesticidas para ratos.

<b>Propriedades toxicológicas</b>	<b>carbosulfan</b>	<b>endosulfan</b>	<b>metamidofós</b>
DL <sub>50</sub> dérmica	2000mg/kg <sup>(1)</sup>	78 mg/kg <sup>(1)</sup>	85mg/kg <sup>(1)</sup>
NOEL oral	1 mg/kg/dia <sup>(4)</sup>	0,6mg/kg/dia <sup>(3)</sup>	0,03mg/kg/dia <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup>LARINI (1999)

<sup>2</sup>FAO (2007)

<sup>3</sup>HACK et al. (1995)

<sup>4</sup>INCHEM (2007)

#### 3.3.1. Cálculo da Margem de Segurança

As margens de segurança (MS) nas reentradas após a pulverização foram calculadas com a fórmula proposta por Severn (1984) e utilizada por Machado Neto (1997) apresentada a seguir:

$$MS = \frac{NOEL \times 70}{QAE \times 10 (100)}$$

Onde:

- NOEL é o nível de efeito não observável (mg/kg/dia);
- O número 70 é o peso corpóreo considerado para um trabalhador (kg);

- QAE é a quantidade absorvível das exposições avaliadas nas vias dérmicas e respiratória em cada condição de trabalho (mg/dia). A quantidade absorvível foi considerada como 10% da exposição dérmica e a absorção na via respiratória, foi considerada como 1% da exposição dérmica avaliada (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1982).
- O número 10 ou 100 multiplicando a QAE é o fator de segurança, utilizado para compensar a extrapolação dos dados toxicológicos obtidos em animais de laboratório para o homem (BROUWER et al., 1990 citado por MACHADO NETO, 1997).

### 3.3.2. Cálculo do Tempo de Trabalho Seguro

O cálculo de trabalho seguro (TTS) considerou o seguinte, conforme descrito por Machado Neto (1997):

Sejam:

QAE x 10 = quantidade absorvível da exposição (mg/dia) multiplicada pelo fator de segurança, e

NOEL x 70 = Nível de efeito não observado (mg/kg/dia) multiplicado pelo peso corpóreo médio do trabalhador (kg), cuja unidade final é mg/dia.

E,

Se QAE x 10 ou 100 ocorreu em um tempo de exposição efetiva (tee)

Então NOEL x 70 ocorrerá em um tempo de trabalho seguro (TTS),

Portanto,

$$\text{TTS} = \frac{\text{NOEL} \times 70 \times \text{tee}}{\text{QAE} \times 10 (100)}$$

Mas,

$$\frac{\text{NOEL} \times 70}{\text{QAE} \times 10 (100)} = \text{MS}$$

Então, o TTS será:  $\text{TTS} = \text{MS} \times \text{tee}$

Onde: TTS é o tempo de trabalho seguro, expresso em horas de exposição segura (h) para os aplicadores de pesticidas.

### 3.4. Limite de Quantificação e Porcentagens de Recuperação dos Pesticidas em Tecidos Confeccionados com Fibra Vegetal

De acordo com o resultados obtidos (Tabela 4) nas condições experimentais, o método analítico foi satisfatório para a análise dos resíduos deslocáveis dos pesticidas (oriundo da exposição dérmica em tecido de algodão-cru) com limite de quantificação (LOQ) de  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ . As porcentagens de recuperação se enquadraram no critério estabelecido pela legislação brasileira, onde o intervalo da recuperação deve ficar entre 70 e 120% (BRASIL, 2007).

**Tabela 4** - Porcentagem (%) de recuperação dos resíduos dos pesticidas em amostras de tecido de algodão cru (fibra vegetal) fortificadas. Piracicaba/SP, 2007.

Pesticidas	Níveis de fortificação ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	Repetições (%)					m $\pm$ dp** (%)
		1	2	3	4	5	
metamidofós	1,6	104	113	97	109	106	106 $\pm$ 6,1
	16	90	85	98	92	--	91 $\pm$ 5,3
carbosulfan	1,6	98	96	107	105	111	103 $\pm$ 5,9
	16	92	97	88	100	--	94 $\pm$ 5,4
endosulfan*	1,6	81	70	91	95	109	89 $\pm$ 14,8
	16	82	85	77	89	--	83 $\pm$ 5,3

\* endosulfan sulfato \*\*dp = desvio padrão

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises quantitativas dos resíduos dos pesticidas analisados nas partes das vestimentas amostradoras, estão apresentadas na Tabela 5 e as análises de regressão dos dados ilustradas na Figura 9. Na Tabela 6 e Figura 10 estão representados em porcentagem os resíduos dos pesticidas em cada parte das vestimentas amostradoras. Nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 estão apresentados os resultados dos parâmetros toxicológicos e de segurança no trabalho, avaliados e estimados para o amostrador de pragas na cultura do algodão para os pesticidas metamidofós, carbosulfan e endosulfan.

### 4.1. Resíduos dos Pesticidas nas Vestimentas Amostradoras

As vestimentas amostradoras usadas no tratamento testemunha foram analisados previamente, não sendo encontrados resíduos (N.D: não detectável) em nenhuma das amostras.

Na análise dos dados (Tabelas 5 e 7) verifica-se redução da exposição dérmica aos resíduos dos pesticidas nas plantas, a partir da segunda reentrada (60 minutos) para carbosulfan e endosulfan. Os resíduos que se deslocam das plantas para as roupas dos amostradores apresentaram reduções de 34 e 31%, da primeira reentrada (3 minutos) para a segunda reentrada (1h), para carbosulfan e endosulfan (Tabela 7). Para o metamidofós, a redução de 10% se mostrou menor que para os pesticidas anteriormente citados. Da segunda reentrada (1h) para a terceira (5h), carbosulfan teve a menor redução, com 39% enquanto que o endosulfan a maior, com 65%. O metamidofós teve redução da exposição de 49%. Portanto, 5h após a aplicação, a exposição dérmica dos trabalhadores aos pesticidas diminuiu 54, 60 e 76% da exposição inicial aos 3 minutos para metamidofós, carbosulfan e endosulfan, respectivamente. Resultados análogos foram obtidos por Rotundo et al. (2006) que, em experimento semelhante, constataram que a exposição dérmica a deltametrina diminuíram 3 vezes da primeira (3 minutos) para a segunda reentrada (1h). Rotundo (2007), estudando resíduos de deltametrina relatou que 5h após a aplicação, a exposição dérmica do trabalhador diminuiu 69% em relação a exposição inicial avaliada 3 minutos após a aplicação.

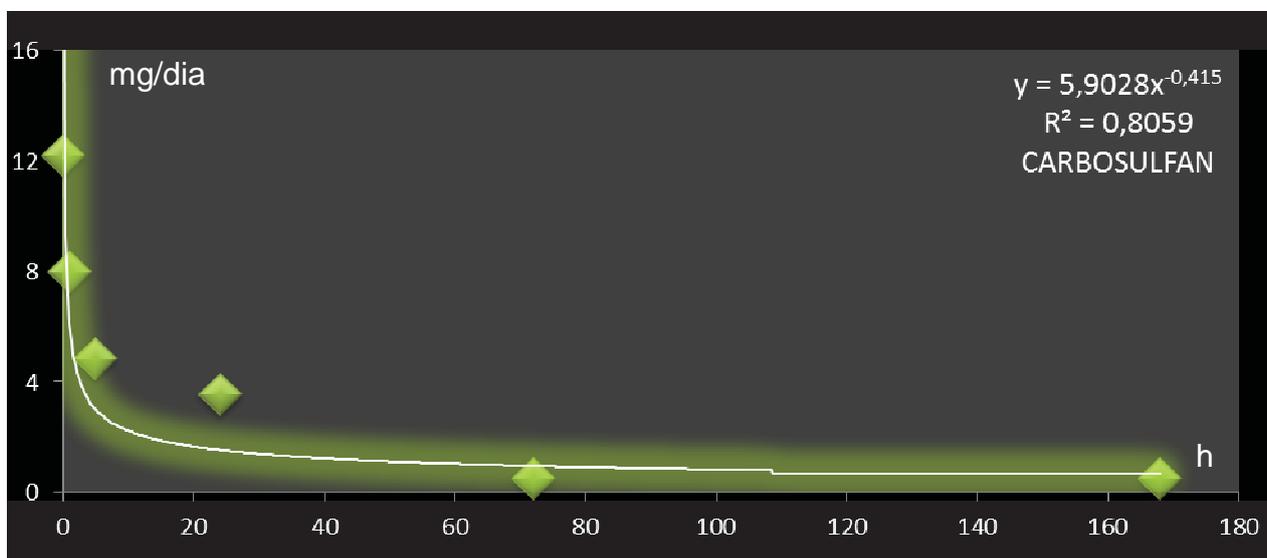
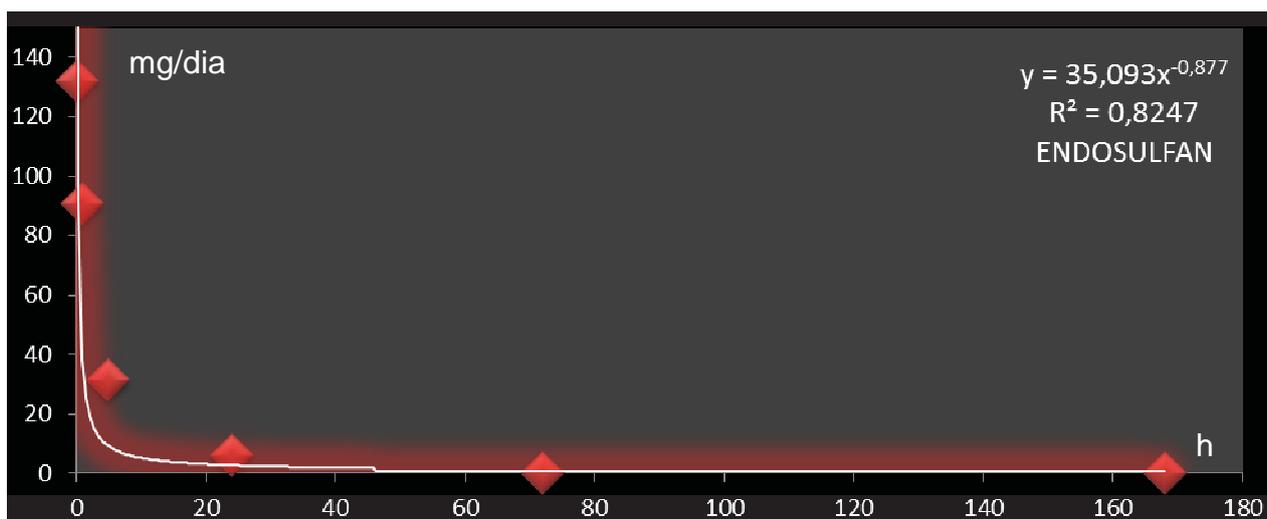
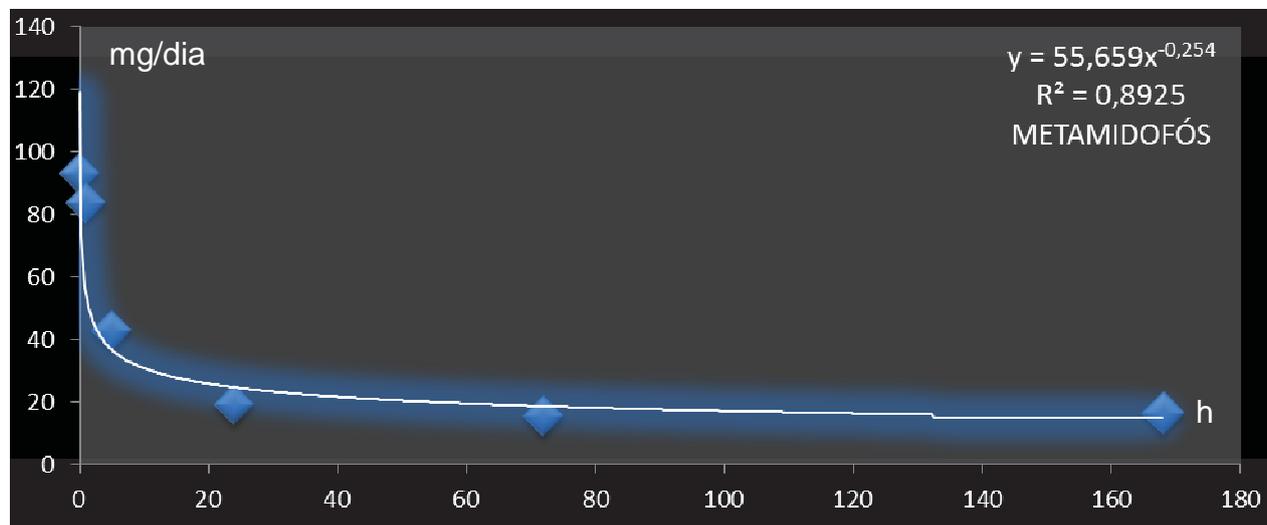
A redução da exposição dérmica foi menor nas primeiras horas, e estável nas demais reentradas. A formulação concentrado emulsionável (CE) proporcionou 5% (endosulfan) da exposição dérmica original (3 minutos) na avaliação de 1 dia após o tratamento (d.a.t). Os inseticidas metamidofós e carbosulfan cujas formulações são concentrado solúvel e suspensão concentrada (SC), respectivamente, após 1 d.a.t apresentavam 21 e 29% da exposição dérmica inicial. Com estes resultados constata-se que a formulação do pesticida, aliado a sua característica química, em permanecer no ambiente, influencia a exposição dérmica e, conseqüentemente, o risco do amostrador.

A formulação CE tem como característica elevada lipossolubilidade, isto é, proporciona ao pesticida a capacidade de penetrar e se acumular nos tecidos graxos das folhas da planta. Franco (2004) ao estudar resíduos de deltametrina em diferentes estruturas da planta de pepino, concluiu que os resíduos nas folhas utilizando-se o inseticida na formulação suspensão concentrada (SC) sempre foi maior se comparado a formulação concentrado emulsionável (CE). A formulação CE é mais lipofílica sendo capaz de penetrar nas camadas cerosas da folhas, tornando os resíduos menos disponíveis para transferência ao corpo do trabalhador, ao contrário da formulação SC. Rotundo (2007) em ensaio análogo a este, utilizando deltametrina CE, relatou que a exposição dérmica teve redução significativa nas primeiras 5h, mas que esta foi estável nas demais reentradas. Após 1 dia, a exposição dérmica resultou em apenas 8% da exposição mais próxima da aplicação, diminuindo para 2% aos 3 d.a.t e 1% na última reentrada aos 7 d.a.t.

Nakamura (1987) citado por Trevisan (2002b) relatou que os fatores que alteram a retenção e absorção dos pesticidas aplicados são: a própria superfície da folha que por ser coberta de pelos ou cera repele a água, temperaturas elevadas, tensão superficial, densidade, viscosidade, volatilidade e solubilidade dos produtos químicos que influem no espalhamento e absorção dos produtos pela superfície vegetal. Neste trabalho não foram utilizados na calda de aplicação nenhum tipo de espalhante ou óleo mineral/vegetal.

Os dados dos resíduos deslocáveis estão representados pelas curvas de degradação (Figura 9).

**Figura 9** - Curvas de regressão potencial da exposição dérmica (mg/dia) de metamidofós, endosulfan, carbosulfan no corpo do trabalhador, referente a exposição dérmica em cada época de reentrada (em horas) na lavoura de algodoeiro após pulverização.



Aos 3 d.a.t a exposição dérmica se comparada à primeira reentrada foi de 4 e 0,21% para carbosulfan e endosulfan, resultados semelhantes a da última reentrada aos 7 d.a.t, cujos valores foram 4 e 0,12%, respectivamente. O inseticida metamidofós foi mais persistente, com 17% em média da exposição inicial nas reentradas de 3 e 7 d.a.t. Entre outros fatores, a maior persistência do metamidofós é efeito da maior dose do produto em i.a/ha, sendo superior em mais de 22% em relação ao endosulfan e superior em mais de 86% em relação ao carbosulfan. Segundo Bayer e Lumb (1973) a eficiência da deposição de um pesticida numa superfície foliar depende da quantidade do ingrediente ativo depositado na mesma.

**Tabela 5** - Resíduos de pesticidas (mg/cm<sup>2</sup>) referentes a exposições dérmicas (30 minutos) (média de 4 repetições) em partes da roupa de algodão cru correspondentes a diferentes partes do corpo humano, em cada época de reentrada na lavoura de algodão após pulverização. Selvíria/MS, 2007.

Pesticidas	Áreas do corpo	3 min	1 h	5 h	1 d.a.t	3 d.a.t	7 d.a.t
		0,05h	1h	5h	24h	72h	168h
<b>metamidofós</b>	1.Tronco/F	0,0003348047	0,0002209035	0,0001068568	0,0000568126	0,0000456418	0,0000484395
	2.Tronco/A	0,0002597099	0,0002381177	0,0001296159	0,0000553111	0,0000556972	0,0000463069
	3.Coxas	0,0002145700	0,0001416956	0,0001693010	0,0000566032	0,0000401429	0,0000623541
	4.Pernas	0,0001582687	0,0001787622	0,0000917673	0,0000602008	0,0000395153	0,0000523096
	5.Luvas	0,0008349422	0,0005123148	0,0003467956	0,0001495162	0,0000821523	0,0000669773
	6.Antebraços	0,0003906902	0,0005037927	0,0002356067	0,0000868464	0,0000751094	0,0000690929
	7.Braços	0,0004677694	0,0005544711	0,0001389999	0,0000799860	0,0000739440	0,0000750965
<b>carbosulfan</b>	1.Tronco/F	0,0000438874	0,0000281581	0,0000166167	0,0000140715	0,0000018652	0,0000014310
	2.Tronco/A	0,0000450113	0,0000284306	0,0000146203	0,0000102470	0,0000010465	0,0000012273
	3.Coxas	0,0000214757	0,0000179826	0,0000176748	0,0000107908	0,0000018080	0,0000017837
	4.Pernas	0,0000228279	0,0000150736	0,0000117324	0,0000065289	0,0000010905	0,0000011891
	5.Luvas	0,0001282154	0,0000539725	0,0000206521	0,0000178976	0,0000024517	0,0000015192
	6.Antebraços	0,0000572113	0,0000387415	0,0000212772	0,0000168112	0,0000014836	0,0000022762
	7.Braços	0,0000466317	0,0000359573	0,0000187368	0,0000150841	0,0000024077	0,0000026078
<b>endosulfan</b>	1.Tronco/F	0,0006047751	0,0003029191	0,0001313714	0,0000261259	0,0000009702	0,0000005370
	2.Tronco/A	0,0005429017	0,0001120933	0,0000790464	0,0000094184	0,0000007580	0,0000004642
	3.Coxas	0,0005205888	0,0004662080	0,0001189656	0,0000144519	0,0000009624	0,0000004502
	4.Pernas	0,0002507747	0,0004498280	0,0000625003	0,0000158879	0,0000013729	0,0000006110
	5.Luvas	0,0014690191	0,0002781807	0,0003117194	0,0000389884	0,0000008954	0,0000010873
	6.Antebraços	0,0003307739	0,0002643478	0,0001646888	0,0000383635	0,0000011486	0,0000006868
	7.Braços	0,0003392846	0,0002726295	0,0000562949	0,0000303167	0,0000007158	0,0000004943

d.a.t: dias após a pulverização dos pesticidas.

Os resíduos dos pesticidas encontrados nas vestimentas amostradoras ao longo do tempo concordam com Gunther (1969). Este autor afirma que a dissipação de um pesticida na natureza, aplicado em pulverização, pode ser separado em duas fases: uma fase de degradação, em que há o desaparecimento rápido do depósito inicial e uma fase de persistência, onde ocorre uma diminuição lenta no nível dos resíduos existentes no substrato, pela ação de fatores atmosféricos e ataque metabólico. Além disso, os pesticidas ainda estavam sendo absorvidos pelas plantas nas primeiras horas, o que ficou evidente pela redução significativa da exposição

dérmica na segunda e terceira reentradas. Resíduos de pesticidas tendem a desaparecer ou por outro lado diminuir, numa taxa a qual é função da concentração; a fração decrescente, entretanto, é independente da concentração inicial ou magnitude do depósito (GUNTHER; BLINN, 1955).

As chuvas que ocorreram no período do experimento (dados em anexo) influenciaram, como fator atmosférico, a diminuição dos resíduos nas plantas ao longo do tempo. Como as chuvas de verão e a amostragem na cultura do algodão ocorrem concomitantemente durante o ciclo produtivo, esta, não se caracteriza como fator limitante à discussão dos dados.

Apesar de não ter sido feita a quantificação do resíduo deslocável nas folhas do algodoeiro neste trabalho, a exposição na reentrada é devido à presença desses resíduos nas folhagens das plantas. Giles e Blewet (1991) relataram que a exposição dérmica é fortemente correlacionada com níveis de resíduos foliares deslocáveis.

#### **4.1.1. Exposição do Amostrador nas Regiões do Corpo**

Verifica-se na Figura 10 e Tabela 6, que a exposição dérmica do amostrador de pragas, provenientes dos resíduos deslocáveis da planta de algodoeiro e com a projeção de trabalho para 8h, que em média geral de todos os pesticidas e em números absolutos, a maior exposição foi no tronco/frente, coxas e braços, respectivamente com 19,5; 19,2 e 18,1%. A exposição mais crítica é o conjunto antebraços/braços/mãos que alcançou 35,2% da exposição dérmica, e que representa 27,07% da área do corpo humano (Tabela 06), segundo ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA) 1987).

Os resultados concordam com o estudo de Rotundo et al. (2006) que relataram que as partes correspondentes das roupas referentes aos antebraços, braços, mãos e abdome ocorre as maiores exposições, na simulação da amostragem na cultura do algodão, após a aplicação de deltametrina 25 CE.

Além de representar uma pequena parcela do corpo humano, antebraços, braços e mãos quase nunca estão protegidos por vestimentas, que restringiriam a contaminação da pele. Apesar do uso de camisa de manga longa por alguns trabalhadores, o uso de luvas na amostragem é uma prática incomum no país. A maior exposição dérmica do conjunto antebraços/braços/mãos do amostrador foi

esperada e ocorre devido ao contato mais intenso dessas partes do corpo com a planta, no momento da amostragem. O amostrador ao examinar a planta, apesar de permanecer parado, manipula os ramos e folhas, a fim de avaliar as estruturas reprodutivas (botões florais e maçãs) que se encontram desde as regiões basais até o ápice da mesma.

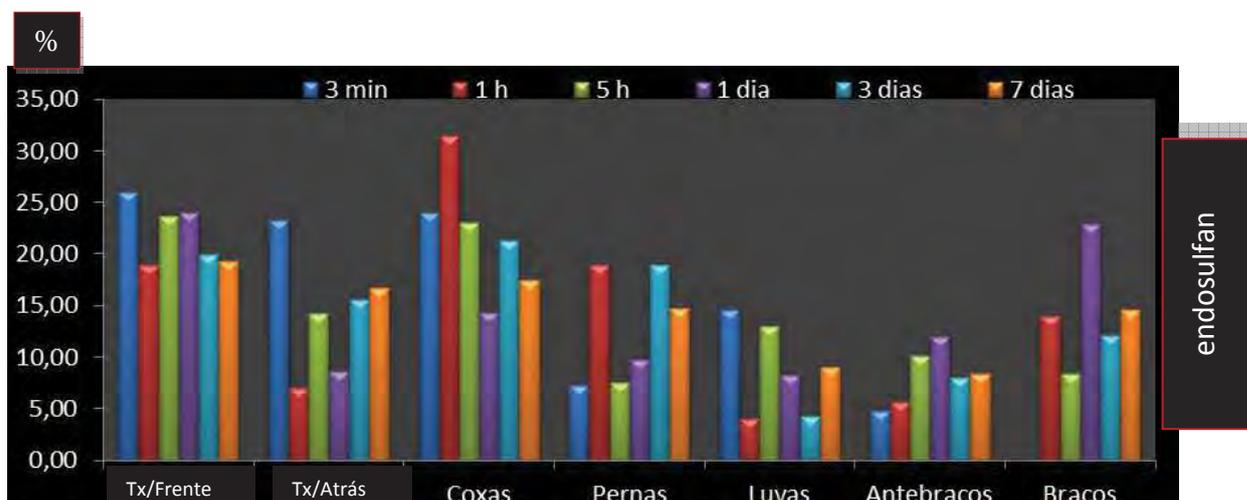
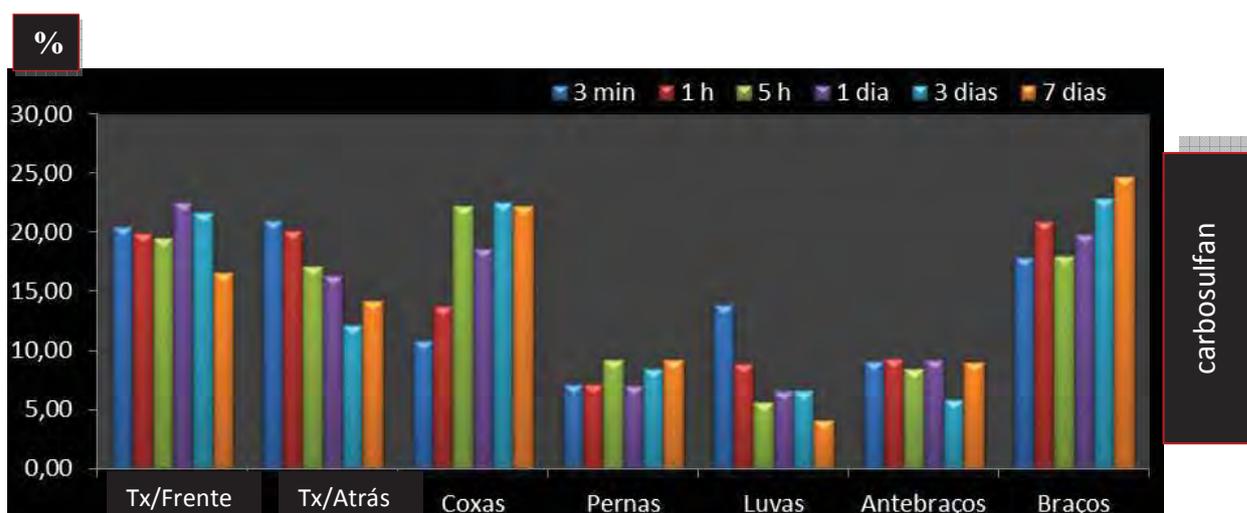
No outro estudo de exposição dérmica utilizando deltametrina, Rotundo (2007) relatou que no conjunto antebraços/braços/mãos ocorreu 61,27% da exposição, onde mãos e antebraços, ocorreu praticamente 50% .

**Tabela 6** - Porcentagem média da exposição dérmica em diversas partes do corpo em cada tratamento. Média geral dos tratamentos e porcentagem da área que cada parte representa no corpo humano. Selvíria/MS, 2007.

Áreas do corpo	carbosulfan	endosulfan	metamidofós	Média (%)	Área do corpo que cada área representa (%)
Tronco/Frente	20,08	21,98	16,48	19,51	19,46
Tronco/Atrás	16,81	14,24	16,83	15,96	19,46
Coxas	18,33	21,92	17,41	19,22	20,94
Pernas	8,03	12,84	9,31	10,06	13,04
Mãos	7,57	8,85	8,75	8,39	4,49
Antebraços	8,48	8,18	9,36	8,67	6,63
Braços	20,67	11,96	21,83	18,15	15,95
<b>TOTAL %</b>	100	100	100	100	100

Reinert et al. (1986) citado por Machado Neto (1997) relatam que a maior vantagem da dosimetria passiva é que se pode estabelecer a contribuição das rotas de exposição dérmica das diferentes áreas do corpo na exposição total, ao contrário do biomonitoramento que mede a quantidade do pesticida efetiva no corpo, porém sem estabelecer a rota de entrada. Ressaltam ainda que o conhecimento da exposição nas vias dérmica e respiratória dos trabalhadores com os pesticidas é extremamente importante para avaliação e recomendação de medidas de controle da exposição.

**Figura 10** - Porcentagem média da exposição dérmica projetada a resíduos de pesticidas presentes nas plantas de algodão que deslocam para a roupa do amostrador de acordo com partes do corpo, em cada época de reentrada na lavoura após pulverização. Selvíria/MS, 2007.



As regiões do corpo mais expostas depois do tronco/frente, coxas e braços foram em média, tronco/atrás, pernas, antebraços e mãos que foram atingidos por 15,96; 10,06; 8,67 e 8,39% das exposições totais para o corpo do trabalhador, respectivamente. O conjunto coxas + pernas representa 33,9% do corpo humano e foi atingido por 29,2% dos resíduos deslocáveis, se mostrando como região menos crítica, principalmente as pernas. Apesar da exposição dérmica das mãos ser a menor porcentagem entre outras áreas, as mãos representam somente 4,49% da área do corpo humano, indicando que a exposição do corpo não é uniforme e é crítica para as mãos. Os resultados da exposição das mãos concordam com Chester (1996) que classifica as mãos como a principal parte da exposição ocupacional. Nilsson e Papantoni (1996) ao estudarem a exposição de colhedores de pepino cultivado em estufa, relataram que 80% da exposição dérmica estava concentrada nas mãos e 6,23% nos braços e antebraços e que apesar do baixo risco que estavam expostos os trabalhadores rurais aos resíduos do fungicida vinclozolina, os autores sugeriram o uso de luvas para diminuir a exposição.

#### **4.2. Avaliação do Risco Ocupacional do Amostrador de Pragas**

Na Tabela 7 estão apresentados os valores dos resíduos encontrados nas roupas amostradas correlacionados com as áreas das diversas partes do corpo humano com a estimativa da exposição para uma jornada de trabalho de 8 horas. Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão apresentados os resultados dos parâmetros toxicológicos e de segurança no trabalho avaliados e estimados para o amostrador de pragas na cultura do algodoeiro.

**Tabela 7** - Quantidade de resíduos (mg/partes do corpo humano/dia) dos pesticidas em diferentes partes da roupa de algodão cru, em cada época amostrada, com estimativa dos dados para uma jornada de 8 h de trabalho.

Pesticidas	Áreas do corpo	3 min	1 h	5 h	1 d.a.t	3 d.a.t	7 d.a.t
		0,05h	1h	5h	24h	72h	168h
<b>metamidofós</b>	1.Tronco/F	19,01691	12,54732	6,06947	3,22695	2,59245	2,75136
	2.Tronco/A	14,75152	13,52508	7,36219	3,14167	3,16360	2,63023
	3.Coxas	13,11452	8,66043	10,34767	3,45959	2,45353	3,81108
	4.Pernas	6,02687	6,80726	3,49450	2,29244	1,50474	1,99195
	5.Luvas	10,95444	6,72157	4,54996	1,96165	1,07784	0,87874
	6.Antebraços	7,56376	9,75343	4,56134	1,68135	1,45412	1,33764
	7.Braços	21,77934	25,81618	6,47184	3,72415	3,44283	3,49649
	<b>TOTAL</b>	<b>93,20737</b>	<b>83,83127</b>	<b>42,85697</b>	<b>19,48780</b>	<b>15,68912</b>	<b>16,89750</b>
<b>carbosulfan</b>	1.Tronco/F	2,49281	1,59938	0,94383	0,79926	0,10594	0,08128
	2.Tronco/A	2,55664	1,61486	0,83043	0,58203	0,05944	0,06971
	3.Coxas	1,31259	1,09909	1,08028	0,65953	0,11051	0,10902
	4.Pernas	0,86929	0,57400	0,44677	0,24862	0,04152	0,04528
	5.Luvas	1,68219	0,70812	0,27096	0,23482	0,03217	0,01993
	6.Antebraços	1,10761	0,75004	0,41193	0,32546	0,02872	0,04407
	7.Braços	2,17117	1,67417	0,87239	0,70232	0,11210	0,12142
	<b>TOTAL</b>	<b>12,19230</b>	<b>8,01966</b>	<b>4,85658</b>	<b>3,55205</b>	<b>0,49041</b>	<b>0,49071</b>
<b>endosulfan</b>	1.Tronco/F	34,35123	17,20581	7,46189	1,48395	0,05511	0,03050
	2.Tronco/A	30,83682	6,36690	4,48983	0,53497	0,04305	0,02637
	3.Coxas	31,81839	28,49463	7,27118	0,88330	0,05882	0,02752
	4.Pernas	9,54950	17,12945	2,38001	0,60501	0,05228	0,02327
	5.Luvas	19,27353	3,64973	4,08976	0,51153	0,01175	0,01427
	6.Antebraços	6,40378	5,11777	3,18837	0,74272	0,02224	0,01330
	7.Braços	0,00000	12,69363	2,62109	1,41154	0,03333	0,02302
	<b>TOTAL</b>	<b>132,23324</b>	<b>90,65792</b>	<b>31,50214</b>	<b>6,17302</b>	<b>0,27658</b>	<b>0,15823</b>

d.a.t: dias após a pulverização dos pesticidas.

**Tabela 8** - Margem de segurança (FS = 10) e tempo de trabalho seguro do amostrador de pragas na cultura do algodão. Selvíria/MS, 2007

Cálculos de segurança		3 min	1 h	5 h	1 d.a.t	3 d.a.t	7 d.a.t
		0,05h	1h	5h	24h	72h	168h
<b>metamidofós</b>	MS (Margem de segurança)	<b>0,02</b>	<b>0,022</b>	<b>0,04</b>	<b>0,097</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	0,16	0,18	0,32	0,78	0,96	0,88
<b>carbosulfan</b>	MS (Margem de segurança)	<b>5,21</b>	<b>7,93</b>	<b>13,10</b>	<b>17,91</b>	<b>129,76</b>	<b>129,68</b>
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	41,68	63,44	104,80	143,28	1038,08	1037,44
<b>endosulfan</b>	MS (Margem de segurança)	<b>0,25</b>	<b>0,42</b>	<b>1,21</b>	<b>6,18</b>	<b>138</b>	<b>241</b>
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	2	3,36	9,68	49,44	1.104	1.928

d.a.t: dias após a pulverização dos pesticidas.

De acordo com a margem de segurança (MS) proposta por Severn (1984), todas as reentradas na amostragem de pragas, após a pulverização com o pesticida carbosulfan, indicaram condições de trabalho seguras ( $MS \geq 1$ ) resultando em tempos de trabalhos seguros (TTS) proporcionalmente superiores a jornada de trabalho considerado por dia, que foi de 8 horas (tee) (Tabela 8). Para endosulfan a MS passou a ser segura a partir da reentrada de 5h, período dentro do limite do intervalo de reentrada estabelecido pela ANVISA, que é de 24h. Para metamidofós não houve condição segura de reentrada, mesmo após 7 dias da aplicação. O TTS estimado para metamidofós variou de 0,16h (3 minutos) até 0,88 h para 7 d.a.t inviabilizando a redução da jornada de trabalho, como medida de segurança, esta só alcançada mediante o uso de equipamento de proteção individual (EPI).

Rotundo (2007) concluiu que em todas as reentradas do amostrador de pragas, após pulverização com deltametrina 25 CE na dose de 400ml p.c/ha, houve condições de trabalho seguras ( $MS \geq 1$ ) resultando em tempos de trabalhos seguros proporcionalmente superiores a jornada de trabalho considerado por dia, que foi de

8 horas. Kamble et al. (1992) ao estudarem a exposição de trabalhadores na reentrada em lavoura de milho após aplicação de inseticidas via pivô central, concluíram que o risco máximo foi encontrado na primeira reentrada avaliada, depois de 2h da aplicação e que o risco de uma intoxicação aguda foi muito baixo (0,00038%). Rotundo (2007) ao estudar a exposição a deltametrina ao amostrador de pragas na cultura do algodoeiro, encontrou resultados semelhantes, com risco de intoxicação máximo de 0,00139% aos 3 minutos após pulverização.

Pouco se conhece a respeito dos efeitos resultantes do longo tempo de exposição aos inúmeros pesticidas de uso agrícola. De acordo com a revista *General Accounting Office* (GAO) os efeitos dos pesticidas na saúde humana, especialmente os crônicos, não têm sido caracterizados adequadamente, pois os efeitos tardios de alguns desses químicos podem não se tornar aparentes após anos de exposição (SOARES et al., 2007).

A realização do ensaio foi sob condições severas de amostragem, após a aplicação dos pesticidas em sua maior dose de registro, em um estágio fenológico avançado onde o contato entre as plantas e o amostrador é intenso. Simulando uma condição mais rigorosa dos cálculos de segurança na atividade de reentrada na cultura do algodão, foi realizado um novo cálculo da MS e TTS, desta vez trocando-se o fator de segurança 10 utilizado por Machado Neto (1997) pelo fator usado nos E.U.A, que é 100 (Tabela 9).

**Tabela 9** - Margem de Segurança (MS) e tempo de trabalho seguro (TTS) do amostrador de pragas na cultura do algodão, com fator de segurança = 100. Selvíria/MS, 2007.

Cálculos de segurança		3 min	1 h	5 h	1 d.a.t	3 d.a.t	7 d.a.t
		0,05h	1h	5h	24h	72h	168h
metamidofós	MS (Margem de segurança)	0,002	0,0022	0,004	0,0097	0,012	0,011
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	0,016	0,0176	0,032	0,0776	0,096	0,088
carbosulfan	MS (Margem de segurança)	0,52	0,79	1,31	1,79	12,97	12,96
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	4,16	6,32	10,48	14,32	103,76	103,68
endosulfan	MS (Margem de segurança)	0,025	0,042	0,120	0,610	13,800	24,1
	TTS (Tempo trabalho seguro em h)	0,2	0,33	0,96	4,8	110,4	192,8

Machado Neto (1997) justificou o uso do menor fator de segurança, 10 (estudo ocupacional durante o preparo de calda e aplicação de pesticidas na cultura do algodão), pelas precárias condições de trabalho de manuseio de pesticidas existentes no país e porque a abordagem quantitativa da segurança das condições de trabalho se encontrava na fase inicial de utilização. O autor justificou que se fosse usado um fator de segurança maior que 10 para estimar a MS, tornaria o critério de segurança muito rigoroso, poucas atividades seriam seguras, provocando a pouca utilização da metodologia, ou até mesmo sua rejeição pelos usuários. Atualmente, a questão da segurança do uso de pesticidas em campo no Brasil, apesar de estar distante da considerada ideal, evoluiu muito desde o final do último século, em todas as áreas, desde equipamentos de aplicação até EPI's mais seguros com controle de qualidade assegurados por órgãos públicos. Diante desse avanço, é válido a utilização do fator de segurança 100, buscando o intervalo de reentrada mais seguro, sem o uso de EPI's.

A MS e seu cálculo atrelado o TTS, com o novo fator de segurança (Tabela 9), proporcionaram a redução dos índices calculados anteriormente. Neste novo cálculo todas as reentradas com metamidofós foram consideradas inseguras. O inseticida carbosulfan passou a ter condição segura, agora na reentrada de 5h. No novo cálculo endosulfan passa a ser seguro aos 3 d.a.t. A International Programme on Chemical Safety - IPCS (2007) recomenda que pessoas desprotegidas devem ser mantidas afastadas de áreas tratadas com endosulfan durante 1 dia, ou mais dias, se isso for possível.

A Tabela 10 oferece de forma mais simples a interpretação dos dados trabalhados. Metamidofós que pertence a um grupo químico mais tóxico, está com seu período de reentrada subestimado, que hoje é de 48h. Endosulfan utilizando-se fator de segurança 100 é seguro aos 3 d.a.t, devendo seu período de reentrada atualmente em 24h sofrer modificação. O carbamato carbosulfan mesmo com o novo fator de segurança foi seguro com o intervalo atualmente estabelecido pela legislação brasileira, podendo ser reduzido de 24h para 5h. Os resultados concordam com Machado Neto (1997) que afirma que quanto menor a dosagem do pesticida menor é a exposição dérmica e, juntamente com o menor valor de  $DL_{50}$ , menor é o risco de intoxicação e maior é a margem de segurança da condição de trabalho, ou seja, os pesticidas mais seguros são os menos tóxicos e aplicados com as menores dosagens.

**Tabela 10** - Condição de segurança utilizando a MS (fator = 10 e = 100) para o amostrador de pragas na cultura do algodão. Selvíria/MS, 2007

Cálculos de segurança		3 min	1 h	5 h	1 d.a.t	3 d.a.t	7 d.a.t
		0,05h	1h	5h	24h	72h	168h
metamidofós	MS (fator 10)	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro
	MS (fator 100)	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro
carbosulfan	MS (fator 10)	Seguro	Seguro	Seguro	Seguro	Seguro	Seguro
	MS (fator 100)	Inseguro	Inseguro	Seguro	Seguro	Seguro	Seguro
endosulfan	MS (fator 10)	Inseguro	Inseguro	Seguro	Seguro	Seguro	Seguro
	MS (fator 100)	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Inseguro	Seguro	Seguro

d.a.t: dias após a pulverização dos pesticidas.

Para metamidofós não existe período de reentrada seguro na lavoura, sem o uso de EPI, pois o amostrador de pragas, dificilmente ficará 7 dias sem vistoriar a cultura ou talhão, mediante o grande número de pragas e outros problemas fitossanitários que a cultura sofre durante seu ciclo produtivo. O metamidofós já foi proibido em vários países, e no Brasil sofreu diversas restrições, como a proibição em culturas onde se come o produto cru, como no tomate estaqueado e a aplicação com equipamento costal. Diversos pareceres de órgãos ligados a saúde pública já relataram a necessidade de seu banimento da agricultura brasileira, o que era esperado para a última década. Em janeiro de 2011, a ANVISA publicou resolução onde o metamidofós deve deixar de ser comercializado no Brasil em 31 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011d).

Endosulfan que já foi proibido em muitos países e que já sofreu restrições de uso no país foi seguro, porém com necessidade de reajuste no período de reentrada. No cenário ocupacional, a exposição ao endosulfan ocorre predominantemente por via dérmica e inalatória. Trabalhadores podem ser expostos durante a mistura, carregamento, aplicação do composto ou durante a reentrada em áreas tratadas. O endosulfan é absorvido facilmente quando em contato com a pele (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 2000;

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002; FLORES et al, 2004, CITADOS POR BRASIL 2011b).

Vale ressaltar que o ingrediente ativo passou por reavaliação junto a ANVISA e em decisão publicado no Diário Oficial da União de agosto de 2010, ficou decidido pelo seu banimento do mercado brasileiro a partir de 31 de julho de 2013 e também por outras restrições imediatas como o modo de aplicação aérea e também costal manual (BRASIL, 2011e).

Apesar de que alguns carbamatos são extremamente tóxicos e que tem ação em mamíferos semelhantes aos organofosforados o carbosulfan foi o pesticida mais seguro entre os avaliados (considerando os três grupos químicos mais tóxicos usados hoje na cultura). Segundo Trevisan (2002b) a ação tóxica do carbosulfan é devida à sua transformação em carbofuran, algo semelhante ao que acontece com acefato e metamidofós. O metabolismo do carbosulfan é fator determinante da autorização do uso do primeiro em pulverização nas partes aéreas nas culturas, uma vez que ele é menos tóxico do que o carbofuran e, assim neste caso mais seguro aos amostradores ocupacionalmente expostos.

Considerando-se o conjunto de informações da Tabela 10 constata-se que a amostragem de pragas na cultura do algodoeiro pode ser realizada sob condições seguras, sem o uso de EPI's para endosulfan e carbosulfan. Para metamidofós não existe condição segura, e é necessário o uso de EPI, para garantir condição segura de trabalho. Alguns EPI's poderiam ser recomendados apenas como medida de segurança preventiva, (exceto metamidofós) para proteção das regiões do corpo mais expostas durante o monitoramento aos resíduos dos pesticidas, principalmente as mãos, mesmo quando os parâmetros de segurança acusam o risco minimizado da operação. Com o uso de parte dos EPI's, as condições de trabalho, poderiam se tornar ainda mais seguras.

No passado recomendou-se observar um período de pelos menos 24h antes de transitar pela cultura tratada por pesticidas (GELMINI, 1990). Este trabalho ilustra que apesar do bom senso de anos atrás, esperar 24h para reentrar em uma área tratada pode ainda não ser suficiente.

Diante da premissa de Bailey citado por Ware et al. (1973), que essencialmente o intervalo de reentrada deve ser longo o suficiente para garantir a segurança do trabalho e curto o bastante para sustentar as práticas agrícolas essenciais, nota-se que somente metamidofós não atende a ela nesta pesquisa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho multidisciplinar foi motivado em virtude da carência de pesquisas na área de saúde ocupacional do trabalhador exposto a pesticidas no Brasil, e pelo fato do intervalo de reentrada ser estabelecido de forma empírica pelo órgão governamental competente. A pesquisa brasileira cada dia mais entende as consequências do uso de pesticidas na saúde do homem, porém não existem trabalhos suficientes para se compreender a extensão da carga química da exposição ocupacional, e a dimensão dos danos à saúde decorrentes do uso intensivo de pesticidas.

A avaliação ocupacional em campo é complexa, devido à variabilidade dos cenários de exposição, e por ser multiquímica em função da variabilidade de grupos químicos utilizados atualmente. Existe a demanda de mais estudos de campo avaliando o risco da reentrada de trabalhadores em áreas pulverizadas, que contribuam para o melhor entendimento do risco ocupacional.

Para elevar a massa crítica sobre esse assunto no Brasil, mais estudos serão publicados, podendo assim despertar a atenção de órgãos públicos para modificação da Base Legal vigente sobre o período de reentrada no país. A reavaliação de pesticidas ocorre quando há alguma alteração de perigo ou risco à saúde humana, em comparação aos avaliados durante a concessão de registro, sendo elas motivadas por avanços dos conhecimentos científicos.

Recomendações de controle de exposição a partir dos dados gerados pela pesquisa devem ser levados ao trabalhador através de recomendações técnicas fornecidas pela assistência técnica pública e privada e/ou modificações no rótulo e bula dos pesticidas através do órgão governamental competente.

## 6. CONCLUSÕES

Considerando-se as condições em que o trabalho foi realizado e os resultados obtidos, concluiu-se que:

- ◆ As partes do conjunto tronco-frente/mãos/antebraços/braços são as áreas do corpo mais expostas a pesticidas durante a amostragem de pragas na cultura do algodão;
- ◆ Para o inseticida metamidofós o intervalo de reentrada de 3 minutos até 7 d.a.t é inseguro;
- ◆ O intervalo de reentrada seguro para o inseticida endosulfan é de 3 d.a.t.
- ◆ O intervalo de reentrada seguro para o inseticida carbosulfan é de 5 h.a.t.

## REFERÊNCIAS

AL-SALEH, I. A. Pesticides: a review article. **Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology**, Park Forest South, v. 13, n.3, p. 151-161, 1994.

ALVES FILHO, J. L. **Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos**. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2002. 188 p.

ALVES FILHO, J. P. Olhos para o campo. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, v. 118, p. 8-14, 2001.

ANDRADE, V. R. **Análise das condições de trabalho e saúde, com o uso de praguicidas, dos funcionários de campo da Sucen – Regional de campinas, no programa de controle do *Aedes aegypti***. 2003.163 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

ARAUJO, A. C.; NOGUEIRA, D. P.; AUGUSTO, L. G. Impacto dos praguicidas na saúde: estudo da cultura de tomate. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 309-13, 2000.

ANTHERIEU, S. et al. Endossulfam decreases cell growth and apoptosis in human HaCaT keratinocytes: partial ROS-dependent ERK½ mechanism. **Journal of Cellular Physiology**, Bethesda, v. 213, n.1, p. 177-86. 2007.

AGRICULTURAL RE-ENTRY TASK FORCE – ARTF. **Field reentry protocol**. Macon: Stewart Agricultural Research Services, 2000. 32 p.

BATCHELOR, G. S.; WALKER, K.C. Health hazards involved in use of parathion in fruit orchards of north central Washington. **A.M.A Archives of Industrial Health**, Chicago, v. 10, n. 6, p. 522-529, 1954.

BAPTISTA, G. C.; PARRA, J. R. P.; NAKANO, O. Toxicologia dos inseticidas. In: Fundação de estudos agrários “Luiz de Queiroz” - FEALQ. **Curso de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba: Fealq, 1992. p.197-217.

BAYER CROPSCIENCE. **Occupational exposure**. Kansas City: [s.n.], 2004. Disponível em: <[http://www.bayerfqpa.com/occupational\\_exposure.html](http://www.bayerfqpa.com/occupational_exposure.html)>. Acesso em: 26 set. 2004.

BAYER CROPSCIENCE. **Tamaron BR – inseticida/acaricida**. São Paulo: [s.n], 2010. Disponível em:  
<<http://www.bayercropscience.com.br/site/nossosprodutos/protecaodecultivosebiotecnologia/DetalheDoProduto.fss?Produto=56>>. Acesso em: 3 jun. 2010.

BAYER CROPSCIENCE. **Thiodan EC – inseticida/acaricida**. São Paulo: [s.n], 2010. Disponível em:  
<<http://www.bayercropscience.com.br/site/nossosprodutos/protecaodecultivosebiotecnologia/DetalheDoProduto.fss?Produto=52>>. Acesso em: 3 jun. 2010.

BAYER, D. E.; LUMB, J. M. Penetration and translocation of herbicides. In: VALKENBURG, W. (Ed.). **Pesticide formulation**. New York: Marcel Dekker, 1973. p. 387-439.

BEDOR, C. N. G. et al. Avaliação e reflexos da comercialização e utilização de agrotóxicos na região do submédio do Vale do São Francisco. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Salvador, v. 31, n. 1, p.68-76, 2007.

BEVENUE, A. The bioconcentration aspects of DDT in the environment. **Residue Reviews**, New York, v. 61, p.37-112, 1976.

BHALLI, J. A.; KHAN, Q. M.; NASIM, A. DNA Damage in pakistani pesticide-manufacturing workers assayed using the comet assay. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v. 47, n. 8, p. 587-593, 2006.

BONSALL, J. L. Measurement of occupational exposure to pesticide. In: TURNBULL, G. I. **Occupational hazards of pesticide use**. London: Taylor e Francis, 1985. p. 13-33.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Reavaliação toxicológica do ingrediente ativo metamidofós**. Brasília: [s.n], 2009. Nota Técnica. Disponível em:  
<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/316c0a8042f5894c8a559e536d6308db/NT+Metamidof%C3%B3s.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 10 jan. 2011a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Reavaliação toxicológica do ingrediente ativo endossulfam**. Brasília: [s.n.], 2008. Nota Técnica. Disponível em:  
<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2a163c8040677e54814eeb137b78f2dc/endossulfam.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 14 jan. 2011b.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Consulta pública nº 2, de 25 de janeiro de 2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <[http://websphere.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/dd060f804592dcb8bab0bb7a281c7538/cp\\_02\\_2011.pdf?MOD=AJPERES](http://websphere.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/dd060f804592dcb8bab0bb7a281c7538/cp_02_2011.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 1 fev. 2011c.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução-RDC Nº 1, de 14 de Janeiro de 2011**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/33d057004745892492fdd63fbc4c6735/Decis%C3%A3o.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 1 fev. 2011d.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução-RDC Nº 28**, de 09 de Agosto de 2010. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/33d057004745892492fdd63fbc4c6735/Decis%C3%A3o.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 1 fev. 2011e.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução RDC nº 216**, de 15 de setembro de 2004. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=25129&word=>>>. Acesso em: 19 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. **AGROFIT**. Brasília: [s.n.], 2003c. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 3 jun. 2010.

BRASIL. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos**. Brasília: [s.n.], 1996. 69 p. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/arquivos/livro2.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Decreto no. 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Brasília, 2002. 54 p. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2011.

BROUWER, R. et al. Risk assessment of dermal exposure of greenhouse workers to pesticides after re-entry. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 23, n. 3, p. 273–280, 1992.

BROWN, J. V. Reaching for chemical safety-environews - spheres of influence. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 111, n. 14, p. A767-A769, 2003.

BURSTYN, I.; TESCHKE, K. Studying the determinants of exposure: a review of methods. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Akron, v. 60, n. 1, p. 57-72, 1999.

CHANG, H. Y. et al. Total body burden arising from a week's repeated dermal exposure to N,N-dimethylformamide. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 62, n. 3, p. 151-156, 2005.

CHESTER, G. et al. Evaluation of agricultural worker exposure to, and absorption of, Pesticides. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 37, n. 5, p. 509-524, 1993.

CHESTER, G. Harmonized guidance for the conduct of operator exposition studies. In: ENVIRONMENTAL AND HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENTS FOR AGROCHEMICALS CONFERENCE, 1966, Londres. **Conference...Londres** [s.n.], 1996. 21p.

CHESTER, G. Revised guidance document for the conduct of field studies of exposure to pesticides. In: CURRY, P. B; IYENGAR, S.; MALONEY, P. A. **Methods of pesticides exposure assessment**. New York: Plenum Press, 1995. p. 179-215.

COCK, J. S. Introduction. In: COCK, J. S. (Ed.). **Exposure to pesticides of fruit growers and effects on reproduction: an epidemiological approach**. Den Haag: CIP-Data Koninklijke Bibliotheek, 1995. p. 1-11.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Avaliação de agentes ambientais químicos e físicos**. Brasília: [s.n., 2006?]. Disponível em:

<[http://www.cna.org.br/nr31/TextosComplementares/AGENTES\\_AMBIENTAIS.pdf#search=%22avalia%C3%A7%C3%A3o%20agentes%20ambientais%20qu%C3%ADmicos%20e%20f%C3%ADsicos%22](http://www.cna.org.br/nr31/TextosComplementares/AGENTES_AMBIENTAIS.pdf#search=%22avalia%C3%A7%C3%A3o%20agentes%20ambientais%20qu%C3%ADmicos%20e%20f%C3%ADsicos%22)>. Acesso em: 15 ago. 2006.

COORDENADORIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – CDA. **Decreto-lei 4.074**, de 04 de janeiro de 2002. São Paulo, 2002. Disponível em:

<<http://www.cda.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=view&idleg=335>>. Decreto 4.074. Acesso em: 14 jan. 2011.

CURRY, P.; IYENGAR, S. Comparison of exposure assessment guidelines for pesticides. **Reviews of Environmental Contamination & Toxicology**, New York, v. 19, n.129, p. 79-93, 1992.

DALDIN, C. A. M.; SANTIAGO, T. Equipamentos de proteção individual na segurança do trabalhador rural. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. (Ed.). **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 97-132.

DAVIS, J. E.; STEVENS, E. R.; STAFF D. C. Potential exposure of apple thinners to azinphosmethyl and comparison of two methods for assessment of hand exposure. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 31, n. 6, p. 631-638, 1983.

DELL ROSA, H. V.; SIQUEIRA, M. E. P. B.; COLACIOPPO, S. Toxicologia ocupacional. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 145-162.

DUPUIS, G. Pesticide residue in citrus. In: CIBA-GEIGY AGROCHEMICALS. **Citrus**. Berna, v. 1, p. 91-98, 1975.

DURHAN, W. F.; WOLFE, H. R. Measurement of the exposure of workers to pesticides. **Bulletin WHO**, Geneva, v. 26, n.1, p. 75-91, 1962.

EBELING, W. Analysis of the basic process involved in the deposition, degradation, persistence, and effectiveness of pesticides. **Residue Reviews**, New York, v. 3, p. 35-163, 1963.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA). Guidelines for exposure assessment. **Federal Register**, Washington, v. 57, n. 104, p. 22.888-22.938, 1992.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA). **Occupational and residential exposure test guidelines**: background for application exposure monitoring test guidelines (OPPTS 875.1000). Washington: [s.n], 1996. 37 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (US/EPA). **Pesticide assessment guidelines, subdivision U, Applicator exposure monitoring**. Washington: [s.n], 1987.

EVANS, P. G.; McALINDEM, J. J.; GRIFFIN, P. Personal protective equipment and dermal exposure applied. **Journal Occupational and Environmental Hygiene**, Philadelphia, v. 16, n. 2, p. 334-337, 2001.

EVARISTO, A. **Resíduos deslocáveis de metamidofós em cultura estaqueada de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)**. 1994. 55 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Decision guidance documents: methamidophos**. Roma: [s.n., 2007?]. Disponível em: <<http://www.pic.int/en/DGDs/MethamidEN.doc>>. Acesso em: 23 abr. 2007.

FARAHAT, T. M. et al. Neurobehavioral effects among workers occupationally exposed to organophosphorous pesticides. **Occupational and Environmental Medicine**, London, v. 60, n. 4, p. 279-86, 2003.

FARIA, N. M. X. et al. Processo de produção rural e saúde na serra gaúcha: um estudo descritivo. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 115-128, 2000.

FARIA, N. M. X. et al. Trabalho rural e intoxicações por agrotóxicos. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 1298-1308, 2004.

FENSKE, R. A. Comparative assessment of protective clothing performance by measurement of dermal exposure during pesticide applications. **Applied Industrial Hygiene**, Washington, v. 3, n.7, p. 207-213, 1988.

FENSKE, R. A. Nonuniform dermal deposition patterns during occupational exposure to pesticides. **Archives of Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 19, n.3, p.332-337, 1990.

FENSKE, R. A.; DAY JÚNIOR, E. W. Dermal exposure assessment techniques. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 37, n. 6, p. 687-706, 1993.

FENSKE, R. A. et al. Assessment of exposure for pesticide handlers in agricultural, residential and institutional environments. In: FRANKLIN, C. A.; WORGAN, J. P. (Ed.). **Occupational and residential exposure assessment for pesticides**. New York: John Wiley & Sons, 2005. Disponível em: <[http://media.wiley.com/product\\_data/excerpt/91/04714898/0471489891.pdf](http://media.wiley.com/product_data/excerpt/91/04714898/0471489891.pdf)> Acesso em: 31 jan. 2007.

FENSKE, R. A. et. al. Methods for assessing fieldworker hand exposure to pesticides during peach harvesting. **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 43, n.6, p. 805-815, 1989.

FRANCO, A. A. **Dissipação do inseticida metamidofós em plantas de alface (*Lactuca sativa*, L.)**. 2000. 45 f. Dissertação (Dissertação em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FRANCO, A. A. **Resíduos de deltametrina, aplicada em diferentes formulações, em compartimentos da cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.) tutorado e ação do inseticida no controle da broca-das-curcubitáceas *Diaphania nitidalis* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2004. 110 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FRANKLIN, C. A.; FENSKE, R. A.; GREENHALGH, R. Correlation of urinary pesticide metabolite excretion with estimated dermal contact in the course of occupational exposure to guthion. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, London, v. 7, n.5, p. 715–731, 1981.

FRENICH, A. G. et al. Dermal exposure to pesticides in greenhouses workers: discrimination and selection of variables for the design of monitoring programs. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 80, n.1, p. 51-63, 2002.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Ceres, 1988. 649 p.

GARCÍA, A. M. Occupational exposure to pesticides and congenital malformations: a review of mechanisms, methods, and results. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 33, n.3, p. 232-240, 1998.

GARCIA, E. G. **Segurança e saúde no trabalho rural: a questão dos agrotóxicos**. São Paulo: MTE/FUNDACENTRO, 2001, 182 p.

GARCÍA, A. M. Pesticide exposure and women's health. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 44, n.6, p. 584-594, 2003.

GELMINI, G. A. **Agrotóxicos, manual de uso adequado e segurança**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1990. 55 p.

GIANOTTI, O. O problema do controle químico e os resíduos de pesticidas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 1., Cuzco, 1971. **Anais...** Cuzco: [s.n.], 1973. p. 47-54.

GILES, D. K.; BLEWETT, T. C. Effects of conventional and reduced-volume, charged-spray application techniques on dislodgeable foliar residue of captan on strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 39, n. 9, p. 1646-1651, 1991.

GOLDMAN, L. et al. Risk behaviors for pesticide exposure among pregnant women living in farmworker households in Salinas, California. **American Journal Of Industrial Medicine**, New York, v. 45, n.6, p. 491-499, 2004.

GRISOLIA, C. K. **Agrotóxicos: mutações, reprodução e câncer**. Brasília: UNB, 2005. 392 p.

GUIVANT, J. S. **O uso de agrotóxicos e os problemas de sua legitimação: um estudo de sociologia ambiental no município de Santo Amaro da Imperatriz, SC**. 1992. 387 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

GUNTHER, F. A.; BLINN, R. C. **Analysis of insecticides and acaricides**. London: Interscience, 1955. v. 6, 696 p.

GUNTHER, F. A. Inseticides residues in California citrus fruits and products. **Residues Review**, New York, v. 28, p. 1-127, 1969.

GUNTHER, F. A.; WESTLAKEK, W. E.; BARKLEY, J. H. Establishing dislodgeable pesticide residues on leaf surfaces. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 9, n.4, p. 243-249, 1973.

GUTHRIE, F. E. et al. Risk Use of mice for initial approximation of reentry intervals in to pesticide-treated fields. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 23, n. 3, p. 273–280, 1992.

HACK, R.; EBERT, E.; LEIST, K. H. Chronic toxicity and carcinogenicity studies with the insecticide endosulfan in rats and mice. **Food and chemical toxicology**, New York, v. 33, n. 1, p. 941-950, 1995.

HEMMEN, J. J. van. Modelling in exposure assessment of pesticides for registration purposes. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 37, p. 541-563, 1993.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS / United Nations Institute for Training and Research. **Key elements of a national Programme for chemicals management and safety**. Genebra: IOMC, 1998. 115 p.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – IPCS. **Human exposure assessment**. Genebra: WHO, UNEP, ILO, 2000.269p. (Environmental Health Criteria, 214). Disponível em <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2006.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – IPCS. **Pesticide residues In food - 1984 - carbosulfan**. Genebra: WHO, 1984. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v84pr47.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2007.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS. **Data sheets on pesticides no. 15, 1975, endosulfan**. Genebra: WHO, 1975. Disponível em: <[http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest15\\_e.htm](http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest15_e.htm)>. Acesso em: 8 maio 2007.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – IPCS. **Biomarker and risk assessment** : concepts and principles. Genebra: WHO, 1993. 82 p. (Env.Health Crit, 155).

KAMANYIRE, R ; KARALLIEDDE, L. Organophosphate toxicity and occupational exposure. **Occupational Medicine**, London, v. 54, n. 2, p. 69-75, 2004.

KAMBLE, S. T. et. al. Field worker exposure to selected insecticides applied to corn via center-pivot irrigation. **Journal of Economic Entomology** , New York, v. 85, n. 3, p. 974-980, 1992.

KISSEL, J.; FENSKE, R. Improved estimation of dermal pesticide dose to agricultural workers upon reentry. **Applied Occupational Environmental Hygiene**, London, v.15, n.3, p.284-290, 2000.

KNAAK, J. B. et al. Reentry research: establishment of safe pesticide levels on foliage. **Bulletin of Environmental Contamination Toxicology**, New York, v. 24, n.1, p. 796-804, 1980.

KRIEGER, R. I. et al. Biomonitoring and whole body cotton dosimetry to estimate potential human dermal exposure to semivolatile chemicals. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**, Princeton, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2000.

KOTAKA, E. T. **Avaliação da exposição de trabalhadores a agrotóxicos: contribuições para a realização da dosimetria passiva pelo método do corpo total e monitoramento biológico**. 2005.138 f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva)- Faculdade de Ciências Médicas, - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas**. São Paulo: Manole, 1999. 230 p.

LEITE, E. M. A.; AMORIM, L. C. A. **Toxicologia geral**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. Disponível em: <[www.farmacia.ufmg.br/lato/Apostila%20Toxicologia%20Geral%20.doc](http://www.farmacia.ufmg.br/lato/Apostila%20Toxicologia%20Geral%20.doc)>. Acesso em: 30 dez. 2006.

LIU, K. H. ; KIM, J. H. In vitro dermal penetration study of carbofuran, carbosulfan, and furathiocarb. **Archives of Toxicology**, Berlin, v. 77, n.5, p. 255-260, 2003.

LONDON, L. et al. Pesticide usage and health consequences for women in developing countries: out of sight, out of mind? **International Journal of Occupational and Environmental Health**, Philadelphia, v. 8, n.1, p. 46-59, 2002.

MACHADO NETO, J.G. **Ecotoxicologia de agrotóxicos**. Jaboticabal: FCAV-FUNEP, 1991. 49 p.

MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T.; GUIMARÃES, D. F. Risco de Intoxicação dos Aplicadores de Agrotóxicos na Cultura do Algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambú. **Resumos...** Lavras: ESAL, 1995. p. 477.

MACHADO NETO, J. G. **Estimativas do tempo de trabalho seguro e da necessidade de controle da exposição dos aplicadores de agrotóxicos**. 1997. 83 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômica e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

MACHADO NETO, J. G. et al. Segurança das condições de aplicação de herbicidas com aerobarco em plantas daninhas aquáticas no lago da hidrelétrica de Jupia. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 399-405, 2006.

MACHERA, K. et al. Determination of potential dermal and inhalation operator exposure to malathion in greenhouses with the whole body dosimetry method. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 47, n. 1, p. 61-70, 2003.

MACHERA K, et al. Measurement of potential dermal exposure in Greece and Spain with patch and whole body dosimetry techniques. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS PESTICIDE CHEMISTRY 'THE FOOD-ENVIRONMENT CHALLENGE, 9., 1998, London. **Proceedings...** London: The Royal Society of Chemistry, 1998. (Abstract, 8C 006)

MARQUART, J. et al. Determinants of dermal exposure relevant for exposure modelling in regulatory risk assessment. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 47, n. 8, p. 599-607, 2003.

MARUR, C. J.; RUANO, O. Escala do algodão - um método para determinação de estádios de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 105, p. 3-4, 2004.

MATSUMARA, F. **Toxicology of insecticides**. New York: Plenum Press, 1985. 598 p.

MATTIOLI, F. **Pesticidas, inseticidas**: tierramérica medio ambiente y desarrollo. Colômbia: [s.n], 2001. Disponível em:<<http://www.tierramerica.net/2002/1201/pconectate.shtml>>. Acesso em: 14 fev. 2005.

MCCAULEY, L. A. et. al. Work characteristics and pesticide exposures among migrant agricultural families: A community-based research approach. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 109, n.5. p. 533-538, 2001.

MILLS, P. K.; ZAHM, S. H. Organophosphate pesticide residues in urine of farmworkers and their children in Fresno County, California. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 40, n.5, p. 571-577, 2001.

MOMESSO, J. C.; MACHADO NETO, J. G. Efeito do período e volume de aplicação na segurança dos tratoristas aplicando herbicidas na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 467-478, 2003.

MOREIRA, L. F. **Diagnóstico dos problemas ecotoxicológicos causados pelo uso de inseticida (metamidofós) na região agrícola de Viçosa - MG**. 1995. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

MOREIRA, J. C. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

MUTTI, A. Biomarkers of exposure and effect for non-carcinogenic end-points. In: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Biomarkers in risk assessment: validity and validation**. Geneva: WHO, 2001. p. 71-105. (Env.Health Criteria, 222). Disponível em : <[www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc222.htm](http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc222.htm)>. Acesso em: 17 ago. 2006.

NESS, S. A. **Surface and dermal monitoring for toxic exposures**. New York: Van Nostrand Reinold, 1994. 576 p.

NIGG, H. N.; ALLEN, J. C.; KING, R. W. Behavior of parathion residues in the Florida "Valencia" orange agroecosystem. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 27, n. 3, p. 578-582, 1979.

NIGG, H. N.; STAMPER, J. H.; QUEEN, R. M. The development and use of a universal model to predict tree crop harvester pesticide exposure. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Akron, v. 45, n. 3, p. 182-186, 1984.

NIGG, H. N.; STAMPER, J. H. Biological monitoring of pesticide dose determination. Historical perspectives, current practices, and new approaches. In: WANG, R. G. M; FRANKLIN, C. A.; HONEYCUTT, R. C.; REINERT, J.C. (Ed.). **Biological monitoring for pesticide exposure, measurement, estimation, and risk reduction**. Washington: American Chemical Society, 1989. p. 6-27.

NILSSON, U.; PAPANTONI, M. Longterm studies of fungicide concentrations in greenhouses. 3. Exposure risks after spraying in greenhouses. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 44, n. 9, p. 2885-2888, 1996.

NISHIYAMA, P. **Utilização de agrotóxicos em áreas de reforma agrária no estado do Paraná**. 2003.136 f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. Pesticidas, uso, legislação e controle. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v. 3, p. 31-44, 1999.

OLIVEIRA-SILVA, J. J.; ALVES, S. R.; MAUER, A. et al. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 130-135, 2001.

OLIVEIRA, S. S. **O papel da avaliação de riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos: diretrizes para a formulação de políticas públicas**. 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application**. Paris: OECD, 1997. 57 p. (Series on testing and assessment, 9).

PESSINI, M. M. O. **Resíduos de acetamiprid e thiamethoxan em tomate estaqueado (*Lycopersicum esculentum* Mill.), em diferentes modalidades de aplicação**. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PIRES, D. X.; CALDAS, E. D.; RECENA, M. C. P. Intoxicações provocadas por agrotóxicos de uso agrícola na microrregião de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, no período de 1992 a 2002. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 804-814, 2005.

POLASTRO, D. **Estudo dos casos de intoxicação ocasionados pelo uso de agrotóxicos no estado do Paraná, durante o período de 1993 a 2000**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

POPENDORF, W. J.; LEFFINGWELL, J. T. Regulation OP pesticide residues for farmworker protection. **Residue Reviews**, New York, v. 82, p. 125-201, 1982.

POPENDORF, W. J.; SELIM, M.; LEWIS, M. Q. Exposures while applying commercial disinfectants. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Akron, v. 56, n.11, p. 1111-1120, 1995.

RAMOS, H. et al. Exposição dérmica do aplicador de agrotóxicos na cultura da uva, com diferentes pulverizadores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 175-179, 2002.

RAMWELL, C. T. et al. Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: occupational exposure. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 49, n.4, p. 345–350, 2005.

RAMWELL, C. T.; JOHNSON, P. D.; CORNS, H. Transferability of six pesticides from agricultural sprayer surfaces. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 50, n.3. p. 323-329, 2006.

RODRICKS, J. V. **Calculated risks**: understanding the toxicity and human health risks of chemicals in our environment. Great Britain: Cambridge University Press, 1992. 256 p.

ROUCHAUD, J.; MEYER, J. A. New trends in the studies about the metabolism of pesticides in plants. **Residue Reviews**, New York, v. 82, p.1-85, 1982.

ROTUNDO, M.; PAPA, G.; TREVIZAN, L. R. P. Exposição do amostrador de pragas a resíduos deslocáveis de deltametrina 25 CE, na reentrada na cultura do algodão após pulverização. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENTOMOLOGIA, 21., 2006, Recife. **Resumos...** Recife: UFRPE, 2006. 1CD-ROM.

ROTUNDO, M. **Exposição dérmica de trabalhadores a resíduos de deltametrina presentes nas plantas, na reentrada na lavoura de algodão após pulverização**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

SANTANA, A. E.; MACHADO NETO, J. G.; MATUO, T. Risco de Intoxicação dos aplicadores de Agrotóxicos na Cultura da Soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambú. **Resumos...** Lavras: ESAL, 1995. p. 487.

SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 403-478.

SANTOS, V. M. R.; DONNICI, C. L.; DACOSTA, J. B. N.; CAIXEIRO, J. M. R. Compostos organofosforados pentavalentes: histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 159-170, 2007.

SARTORELLI, P. Dermal exposure assessment in occupational medicine. **Occupational Medicine**, London, v. 52, n. 3, p. 151-156, 2002.

SCARTH, R. D.; STALONES, L.; ZWERLING, C. The incidence of depressive symptoms and risk factors among Iowa and Colorado farmers. **American Journal Industrial Medicine**, New York, v. 37, p. 382-389, 2000.

SEVERN, D. J. Use of exposure data for risk assessment. In: SIEWIERSKI, M. (Ed.). **Determination and assessment of pesticide exposure**. New York: Elsevier, 1984. p. 13-19. (Studies in environment science, 24).

SILVA, C. L. **Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, citros, milho e soja**. 2004. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, J. J. et al. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 130-135, 2001.

SMITH, L. W. Development of safe use practices for pesticides. In: SIEWIERSKI, M. (Ed.). **Determination and assessment of pesticide exposure**. New York: Elsevier, 1984. p. 39-52.

SOARES, W. L.; MORO, S.; ALMEIDA, R. M. V. **Produtividade e saúde do trabalhador rural: uma análise custo-benefício do uso de agrotóxicos em Minas Gerais**. [S.l.: s.n., 2006?]Disponível em:<<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/abet/7nac/11wagner.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2007.

SOBREIRA, A. E. G.; ADISSI, P. J. Agrotóxicos: falsas premissas e debates. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 985-990, 2003.

SPEAR, R. Recognized and possible exposure to pesticides. In: HAYES, W. J.; LAWS, E. R. (Ed.). **Handbook of pesticide toxicology**. New York: Academic Press, 1991. v. 1, p. 245-274.

SPENCER, E. Y. The significance of plant metabolites of insecticides residues. **Residues Review**, New York, v. 9., p. 153-168, 1965.

SOUTAR, A. et al. Use of patches and whole body sampling for the assessment of dermal exposure. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 44, n. 7, p. 511-518, 2000.

STAMPER, J. H. et. al. Pesticide exposure to a greenhouse drencher. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 42, n.2, p. 209-217, 1989.

TOY, D. F; WALSH, E. N. **Phosphorus chemistry in everyday living**. Washington: American Chemical Society, 1976. 362 p.

TRAPÉ, A. Z. **Efeitos toxicológicos e registro de intoxicações por agrotóxicos**. Unicamp: Campinas, 2010. Disponível em:<<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/eftoxic.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

TREVISAN, R. M. S. **Regulamentação do registro de agrotóxicos: abordagem da avaliação da exposição e do risco toxicológico ocupacional**. 2002. 158 f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Faculdade de Ciências Médicas - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002a.

TREVISAN, M. J. **Resíduos de carbosulfan e de seus metabólitos carbofuran e 3-hidroxi-carbofuran em frutos e folhas de laranja, [*Citrus Sinensis* (L.), *Osbeck*], determinados por cromatografia em fase gasosa**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002b.

TURNBULL, G. J.; SANDERSON, D. M.; CIROME, S. J. Exposure to pesticides during application. In: TURNBULL, G. J (Ed.). **Occupational hazards of pesticide use**. London: Taylor e Francis, 1985. p. 35-49.

WARE, G. W. et al. Establishment of reentry intervals for organophosphate-treated cotton fields based on human data I. Azodrin, Ethyl and Methyl Parathion. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 1, n. 1, p. 48-59, 1973.

WARE, G. W. et al. Establishment of reentry intervals for organophosphate-treated cotton fields based on human data II. Azodrin, Ethyl and Methyl Parathion. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 2, n. 2, p. 117-129, 1974.

WARE, G. W. et al. Establishment of reentry intervals for organophosphate-treated cotton fields based on human data III. 12 to 72 hours post-treatment exposure to monocrotophos, ethyl- and methyl parathion. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 3, n.3., p. 289-306, 1975.

WOLF, H. R.; ARMSTRONG, J. F.; STALFF, D. C.; COMER, S. W. Exposure of spraymen to pesticide. **Archives Environmental Health**, Washington, v. 25, n.1,p. 29-31, 1972.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO . **Field surveys of exposure to pesticides – standard protocol**. Geneva: WHO, 1982. 14 p. (WBC, 82.1).

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals**. Geneva: WHO, 1999. 75 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Public health impact of pesticides used in agriculture**. Geneva: WHO, 1985. 128p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Survey of exposure to organophosphorus pesticides in agriculture**. Geneva: WHO, 1975. (VBC, 75.9).

WINFIT – 2004: **compêndio agrônomo com receituário**. Viçosa: Bioagro, 2003. 1CD-ROM.

VAN-WENDEL-DE-JOODE, B. et. al. DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 47, n. 1, p. 71-87, 2002.

VAN-HEMMEN, J. J. Dermal exposure to chemicals. **The Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 48, n. 3, p. 183-185, 2004.

VIDAL, J. L. M. et. al. Assessment of relevant factors and relationships concerning human dermal exposure to pesticides in greenhouse applications. **Pest Management Science**, Sussex, v. 58, n. 1,p. 784-790, 2002.

ZAMBRONE, F. A. D.; MELLO, J. C. M. **Tratamento geral das intoxicações: principais substâncias químicas utilizadas na agricultura**. Rio de Janeiro: Cyanamid Química do Brasil, 1996. 22 p.

ZWEIG, G.; GAO, R.; POPENDORF, W. Simultaneous dermal exposure to captan and benomyl by strawberry harvesters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 31, n. 5, p. 1109-1113, 1983.

ZWEIG, G.; LEFFINGWELL, J. T; POPENDORF, W. The relationship between dermal pesticide exposure by fruit harvesters and dislodgeable foliar residues. **Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, New York, v. 20, n. 1, p. 27-59. 1985.

## GLOSSÁRIO

**Análise do risco** – processo para controle de situações onde um organismo, um sistema ou uma (sub) população pode estar exposta a um perigo.

**Avaliação do risco** – processo que objetiva estimar ou calcular a probabilidade da ocorrência de um evento danoso ao organismo.

**Carcinogenicidade** – processo anormal, não controlado, de diferenciação e proliferação celular, inicialmente localizado, mas que pode ser disseminado pelo organismo provocando sua morte.

**Clônico** – relativo a clono. Espasmo em que se alternam, em rápida sucessão, rigidez e relaxamento.

**Dose** – Quantidade de uma substância química introduzida por uma das vias de penetração (respiração, pele, ingestão). Um conceito fundamental na toxicologia é que, quanto maior a dose, maior o efeito. Efeito = Dose (ou concentração) X Tempo.

**Dosímetro** - instrumento que permite medir a exposição.

**Efeito** – Corresponde às alterações bioquímicas, morfológicas e/ou fisiológicas, produzidas pela exposição à substância química.

**Exposição** – contato entre um agente e o alvo.

**Intoxicação** – Processo patológico causado por tóxicos ou por substâncias do próprio organismo caracterizado por desequilíbrio fisiológico com repercussões clínicas, em consequência das alterações bioquímicas no organismo.

**Margem de segurança** – parâmetro calculado a partir da dose sem efeito adverso observado e o fator de segurança ou incerteza.

**Mutagenicidade** – alteração do material genético de uma célula que não resulta de segregação ou recombinação.

**Perigo** – termo qualitativo que expressa o potencial de um agente químico em causar dano à saúde. A identificação do perigo é a primeira etapa da avaliação do risco toxicológico.

**Reentrada** – termo empregado para referir à entrada do trabalhador em área tratada com pesticida, seja para realizar a inspeção da cultura ou para efetuar a colheita do produto cultivado.

**Risco toxicológico** – é a probabilidade da ocorrência de um efeito adverso em um organismo, sistema ou (sub) população causa em circunstâncias específicas sob a exposição a um agente.

**Trabalho vivo em ato** - trabalho de um indivíduo, observado durante sua realização.

**Teratogênese** – Alteração no desenvolvimento embrio-fetal, motivada por agentes endógenos ou exógenos.

**Validação** – processo pelo qual a confiabilidade e relevância de determinada abordagem, método, processo ou avaliação é estabelecido para um propósito específico.

**Via de exposição** – modo pelo qual um organismo entra em contato com o agente físico ou químico.





ENDERECO: RUA HUMAITA, 536  
BAIRRO: CENTRO CEP: 17201-230 - IAUJÉ  
CNPJ: 61.269.049/0001-79  
PROCESSO: 25351.189/16/2006-51 AUTORIZAÇÃO:  
0.47034.3

ATIVIDADE/CLASSE  
COMERCIO: PRODUTOS DE HIGIENE  
DISPENSACAO DE MEDICAMENTOS  
MANIPULACAO DE PRODUTOS MAGISTRAIS  
MANIPULACAO DE PRODUTOS OFICINAIS -

Na Resolução - RE Nº 5.236, de 20 de novembro de 2009, publicada no Diário Oficial da União nº 340, de 16 de dezembro de 2009, Seção 1 Pág. 108 e 138.

Onde se lê:  
EMPRESA: DROGARIA OCEAN FARMA DE ICARAI

LTDA ME  
ENDERECO: RUA CEL MOREIRA CESAR, N. 120  
BAIRRO: ICARAI CEP: 24230-063 - NITERÓI/RJ  
CNPJ: 08.210.875/0001-20  
PROCESSO: 23351.102315/2006-63 AUTORIZAÇÃO:  
0.47401.3

ATIVIDADE/CLASSE  
COMERCIO: CORRELATOS/COSMETICOS/DIETETI-  
COS/PERFUMES  
PRODUTOS DE HIGIENE  
DISPENSACAO DE MEDICAMENTOS NÃO SUJEITOS

AO  
CONTROLE ESPECIAL -

Lei nº -  
EMPRESA: DROGARIA OCEAN FARMA DE ICARAI

LTDA ME  
ENDERECO: RUA CEL MOREIRA CESAR, N. 120  
BAIRRO: ICARAI CEP: 24230-063 - NITERÓI/RJ  
CNPJ: 08.210.875/0001-20  
PROCESSO: 23351.102315/2006-63 AUTORIZAÇÃO:  
0.47401.3

ATIVIDADE/CLASSE  
COMERCIO: ALIMENTOS PERMITIDOS/CORRELA-  
TOS/COSMETICOS/PERFUMES/PRODUTOS DE HIGIENE  
DISPENSACAO DE MEDICAMENTOS -

Na Resolução - RE Nº 3.646, de 10 de dezembro de 2009, publicada no Diário Oficial da União nº 230, de 14 de dezembro de 2009, Seção 1 Pág. 70 e Suplemento Pág. 78 e 48.

Onde se lê:  
EMPRESA: DROGARIA R.S. GOLDNER LTDA ME

DOX (2,3  
E 4  
BAIRRO: JARDIM CAMBURI CEP: 29090370 - VITÓ-  
RIA/ES  
CNPJ: 06.046.149/0001-88  
PROCESSO: 25351.295540/2006-14 AUTORIZAÇÃO:  
0.46773.9

ATIVIDADE/CLASSE  
COMERCIO: CORRELATOS/COSMETICOS/DIETETI-  
COS/PERFUMES  
PRODUTOS DE HIGIENE  
DISPENSACAO DE MEDICAMENTOS NÃO SUJEITOS

AO  
CONTROLE ESPECIAL -

Lei nº -  
EMPRESA: DROGARIA R.S. GOLDNER LTDA ME

1, 2, 3 E 4  
BAIRRO: JARDIM CAMBURI CEP: 29090370 - VITÓ-  
RIA/ES  
CNPJ: 06.046.149/0001-88  
PROCESSO: 25351.295540/2006-14 AUTORIZAÇÃO:  
0.46773.9

ATIVIDADE/CLASSE  
COMERCIO: ALIMENTOS PERMITIDOS/CORRELA-  
TOS/COSMETICOS/PERFUMES/PRODUTOS DE HIGIENE  
DISPENSACAO DE MEDICAMENTOS -  
PRESTACAO DE SERVIÇOS FARMACEUTICOS -

DIRETORIA COLEGIADA

RESOLUÇÃO-RDC Nº 28, DE 9 DE AGOSTO DE 2010

Regulamentar Técnico para o ingrediente Ativo Endossulfam em dispersão de formulação toxicológica

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso das atribuições que lhe confere o inciso IV do art. 11 do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 3.029, de 16 de abril de 1999, e tendo em vista o disposto no inciso II e nos §§ 1º e 2º do art. 24 do Regimento Interno aprovado nos termos do Anexo I da Portaria nº 234 da ANVISA, de 11 de agosto de 2006, e republicada no DOU de 21 de agosto de 2006, em reunião realizada em 5 de agosto de 2010, e

considerando o disposto na Constituição Federal, de 05 de setembro de 1988, em seu art. 3º, XXXIII e LX, relativos ao direito à informação e publicidade dos atos de administração pública;

considerando o disposto na Constituição Federal, de 05 de setembro de 1988, em seu art. 200, incisos I, II e VII;

considerando o disposto na Lei nº. 8.080, de 19 de setembro de 1990, em seu art. 6º, incisos I e alínea VII, IX e Iº e incisos;

considerando o disposto na Lei nº. 9.782, de 26 de janeiro de 1999, em seu art. 6º e parágrafos, que determina a regulamentação, o controle e a fiscalização dos produtos que evoluem risco à saúde pública;

considerando o disposto na Lei nº. 9.784, de 25 de janeiro de 1999, que regula o processo administrativo no âmbito da Administração Pública Federal;

considerando a Lei nº 10.660, de 17 de dezembro de 2002, que dispõe sobre a informação não divulgada submetida para aprovação da comercialização de produtos;

considerando o disposto na Lei nº. 7.802, de 11 de julho de 1989, art. 3º, § 6º, alínea e d, combinado com disposto no Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, art. 2º, inciso VI; art. 6º, inciso I; art. 19, parágrafo 6º incisos e art. 21, incisos e

considerando o disposto na Instrução Normativa Conjunta nº. 02, de 27 de setembro de 2006, que estabelece procedimentos para fins de avaliação agrônoma ou toxicológica em ambiental dos agrotóxicos, suas composições e afins;

considerando a RDC nº 10, de 22 de fevereiro de 2008, que instituiu o registro toxicológico de produtos químicos e formulados à base de ingrediente ativo endossulfam;

considerando a RDC 45, de 7 de julho de 2003, estabelecendo os procedimentos administrativos para a avaliação toxicológica;

considerando que o ingrediente ativo endossulfam apresenta características toxicológicas, zootóxicas, imunológicas e provoca toxicidade reprodutiva no humano e toxicidade reprodutiva e adre: n desenvolvimento embriofetal;

considerando a recomendação da reunião da Comissão de Reavaliação Toxicológica, realizada em 14 de julho de 2010, com a participação de representantes do IBAMA e do MAPA, sobre o seguinte Resolvido e no Diretor Presidente, distribuído a sua publicação;

Art. 1º Determinar a revisão programada do ingrediente ativo endossulfam do contrato brasileiro no prazo de 1 ano, contados a partir de 31 de julho de 2010.

Art. 2º Determinar a redução proporcional do volume do produto endossulfam (concentração de 350 gramas por litro) disponibilizado no mercado nacional, considerando o volume de 21.000.000 (vinte e um milhões) de litros, de agosto de 2009 e seguintes cronogramas e volumes:

I - período de 31 de julho de 2010 e 31 de julho de 2011 - a produção, a fabricação, a importação do produto técnico e do produto formulado não poderá ultrapassar os 14 milhões de litros de produto formulado no total, comercializados por todos as empresas registradas do produto no Brasil;

II - período de 31 de julho de 2011 a 31 de julho de 2012 - a produção do produto técnico e do produto formulado não poderá ultrapassar os 8 milhões de litros de produto formulado no total, comercializados por todas as empresas registradas do produto no Brasil;

III - 31 de julho de 2011 - conclusão das importações de produtos técnicos e formulados à base de endossulfam destinados apenas à produção local;

IV - 31 de julho de 2012 - encerramento da produção de todos os produtos técnicos e formulação de todos os produtos formulados à base de endossulfam, em todo o território nacional;

V - 31 de julho de 2013 - encerramento da comercialização de todos os produtos formulados à base de endossulfam e de todos os produtos de avaliação toxicológica de produtos técnicos e formulados com o ingrediente ativo endossulfam;

VI - 31 de julho de 2014 - encerramento da monografia do ingrediente ativo endossulfam, mantida até esta data exclusivamente para fins de monitoramento dos resíduos;

Art. 3º Determinar se a empresa responsável pelo produto à base de endossulfam no Brasil que agiu o encerramento da comercialização e da utilização, recolha os estoques remanescentes respectivamente, em distribuidores e em poder dos agricultores, a partir no prazo máximo de 15 dias e não podendo se estender por mais de 30 dias;

Art. 4º Excluir da monografia do ingrediente ativo endossulfam a cultura do cacau, mantendo na monografia apenas os cultivos de soja, café, cana de açúcar e algodão;

Art. 5º Excluir da monografia do ingrediente ativo endossulfam, para todos os cultivos, o modo de aplicação aérea e o modo de aplicação manual/ventil;

Art. 6º Excluir da monografia do ingrediente ativo endossulfam o uso para o controle de ferrugem;

Art. 7º Excluir da monografia do ingrediente ativo endossulfam o uso como preservativo de madeira;

Art. 8º Determinar as empresas fabricantes e formuladoras de endossulfam que não mais possuem o produto formulado em embalagem menores de 20 (vinte) litros para comercialização no mercado nacional, implantando a medida imediatamente nas fabricas, sendo possibilitada a comercialização dos produtos já existentes e que se encontram nos casos de distribuição pelo prazo de validade remanescente;

Art. 9º Determinar as empresas fabricantes e formuladoras de endossulfam que não mais possuem o produto formulado em embalagens maiores para comercialização no mercado nacional, implantando a medida imediatamente nas fabricas, sendo possibilitada a comercialização dos produtos já existentes, e que se encontram nos casos de distribuição pelo prazo de validade remanescente;

Art. 10 Manter os informes de avaliação toxicológica apenas para as formulações consumíveis emulsificáveis à base endossulfam;

Art. 11 Determinar as empresas que possuem produtos formulados à base de endossulfam que remanescentes, à ANVISA, no prazo de 15 dias a contar da publicação desta Resolução, novos rótulos e bulas com fins de harmonização quanto à dosagem, modo de aplicação e informador de saúde;

Art. 12 Determinar as empresas que possuem produtos à base de endossulfam que implementem um programa de treinamento para os agricultores que adquirirem produtos à base de endossulfam, como condição para a venda, sobre seu uso e os riscos associados ao produto;

Art. 13 Nos períodos definidos no Art. 2º ficam permitidos a produção, o uso e a comercialização de produtos à base de endossulfam nos seguintes estados da Federação: Bahia, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo;

§ 1º No estado do Ceará poderá ser mantido o cadastro estadual unicamente para fins da produção industrial em empresas localizadas naquele estado, sem que exista comercialização para fins agrícolas;

§ 2º Fica de totalidade vedada a produção, o uso e a comercialização, nos seguintes estados da Federação: Amazonas, Acre, Roraima, Rondônia, Amapá, Pará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Tocantins, Distrito Federal, Rio de Janeiro e Santa Catarina;

§ 3º As empresas responsáveis pelos produtos à base de endossulfam no Brasil devem recolher os estoques remanescentes em distribuidores e em poder dos agricultores, nos estados em que a comercialização não está mais permitida, iniciando o recolhimento no prazo máximo de 15 dias e não podendo se estender por mais de 30 dias;

Art. 14 Determinar as empresas que submetem à autossuporte de termos de responsabilidade, cujo conteúdo deverá ser aprovado pela ANVISA, o agricultor que adquirir produtos à base de endossulfam, firmados o no uso de sempre dos produtos, no qual conste o reconhecimento dos riscos associados ao produto; bem como o compromisso de adotar cuidadosamente na cultura e no manejo do uso sa- curtos;

Parágrafo único Deverá ser submetido à ANVISA, pelas empresas, minuta do termo de responsabilidade, no prazo máximo de 30 dias, a contar da publicação da presente resolução;

Art. 15 Determinar as empresas que distribuem nos agricultores que adquirirem produtos à base de endossulfam, ao ato da aquisição, cartilha informativa sobre os riscos associados ao pro- duto;

Parágrafo único Deverá ser submetido à ANVISA, pelas empresas, minuta de cartilha informativa, no prazo máximo de 30 dias, a contar da publicação da presente resolução;

Art. 16 Determinar que as empresas que possuem produtos à base de endossulfam controlados e redutores a quantidade de todos os metalizantes controlados e de produtos que adquirirem endossulfam de forma direta ou por meio de distribuidores/revendas, apresentando imediatamente tal controle à ANVISA;

Art. 17 Indefinir imediatamente todos os novos produtos e peças em andamento de avaliação toxicológica para produtos técnicos e formulados à base de endossulfam, em tratamento na ANVISA;

Art. 18 Cancelar os informes de avaliação toxicológica do produto agrícola Endazol, da empresa Syngenta Inagro Brasil S.A. tendo em vista a inexistência de Produto Técnico que o suportar;

Art. 19 Cancelar os informes de avaliação toxicológica do Endossulfam Técnico DVA, da empresa DVA Agro do Brasil, devido à inexistência do fabricante apto a fabricar o produto técnico;

Art. 20 Cancelar o Informe de Avaliação Toxicológica do produto agrotóxico Captax, da empresa DVA Agro do Brasil, devido à falta de Produto Técnico que o suportar;

Art. 21 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Termitoxil PV, da empresa NUFARM Indústria Química e Farmacêutica S.A. devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 22 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Dioxiflan UL, da empresa Milena Agrociência S.A., devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 23 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Endazol, da empresa Milena Agrociência S.A., devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 24 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Piflutrin 400 Piflutrin, da empresa Protaras Químicos São Vicente, devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 25 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Piflutrin Capimista Piflutrin, da empresa Protaras Químicos São Vicente, devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 26 Cancelar o Informe de avaliação toxicológica do produto agrotóxico Piflutrin Capimista Piflutrin, da empresa Protaras Químicos São Vicente, devido à não segurança à saúde humana deste tipo de formulação;

Art. 27 Esta Resolução entra em vigor no dia de sua publicação.

DIRETOR CAPODO DE MELHO

RESOLUÇÃO-RE Nº 3.716, DE 9 DE AGOSTO DE 2010

O Diretor da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso das atribuições que lhe conferem o Decreto de nomeação de 10 de outubro de 2008 do Presidente da República, os incisos I, V e VII do art. 12 do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto No- 3.029, de 16 de abril de 1999 e

